

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
НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

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 Вихман С.В.
Профессор		Профессор Брыков А.С.
Профессор		Доцент Колобкова Е.В.

Рабочая программа дисциплины «Научные принципы технологии высокотемпературных неметаллических материалов» обсуждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
протокол от 19.01.2021 № 4
Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от 21.01.2021 № 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.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	15
4.3.1. Семинары, практические занятия	15
4.3.2. Лабораторные занятия.....	15
4.4. Самостоятельная работа.....	17
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	18
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	18
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	18
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	19
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	19
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	20
10.2. Программное обеспечение.....	20
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	20
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	21
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	21

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

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

Код и наименование компетенции ¹	Код и наименование индикатора достижения компетенции ²	Планируемые результаты обучения (дескрипторы) ³
ПК-3 Способен осуществлять сбор и обработку информации о существующих типах и марках современных материалов, их структуре и свойствах, анализировать и использовать ее для решения поставленных задач	ПК-3.2 Проведение сбора и обработки информации о структуре и свойствах высокотемпературных неметаллических материалов	Знать: принципы поиска информации о физических и химических свойствах высокотемпературных неметаллических материалов (ЗН-1); Уметь: анализировать научную информацию в области изучения свойств высокотемпературных неметаллических материалов и использовать ее для решения поставленных задач (У-1); Владеть: основными методиками исследования физических и химических свойств высокотемпературных неметаллических материалов (Н-1).
ПК-4 Способен организовать и выполнить исследования по заданной тематике в области материаловедения и технологии материалов, анализировать и оформлять результаты исследований	ПК-4.1 Организация и выполнение исследований в области технологии высокотемпературных неметаллических материалов и представление результатов исследований	Знать: способы планирования физических и химических экспериментов в области технологии высокотемпературных неметаллических материалов (ЗН-2); Уметь: провести научный эксперимент в области создания и изучения свойств в области технологии высокотемпературных неметаллических материалов (У-2); Владеть: основными методиками проведения физических и химических экспериментов и обработки их результатов с оценкой погрешности (Н-2)

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

² 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

³ 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.04) и изучается на третьем и четвертом курсе, в 5, 6 и 7 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Физика», «Математика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия». Дисциплина продолжает общехимическую подготовку специалистов, создающую теоретическую базу для профильных дисциплин. Полученные в процессе изучения дисциплины «Научные принципы технологии высокотемпературных неметаллических материалов» знания, умения и навыки, создающие теоретическую и практическую базу для профильных дисциплин и могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов (5+6+7 сем.)
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	12/ 432
Контактная работа с преподавателем:	242
занятия лекционного типа	104
занятия семинарского типа, в т.ч.	
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	104 (52)
курсовое проектирование (КР или КП)	34
КСР	
другие виды контактной работы	
Самостоятельная работа	118
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен/72 (6, 7 сем.) Зачет (5 сем) КР (6, 7 сем.)

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.	Общие сведения о высокотемпературных материалах (ВТМ). Формирование фазового состава и микроструктуры.	8	0	8	12	ПК-3	ПК-3.1
2.	Термические, теплофизические, термомеханические свойства ВТМ. Химическая устойчивость фаз и материалов.	8	0	8	12	ПК-3	ПК-3.1
3.	Высокотемпературные оксидные (кремнеземистые, алюмосиликатные, корундовые, магнезиальные, оксидциркониевые) и неоксидные материалы.	10	0	8	16	ПК-3	ПК-3.1
4.	Элементы теории технологических систем. Организация стабильного технологического процесса.	10	0	12	12	ПК-3	ПК-3.1
5.	Закономерности измельчения твердых тел.	8	0	8	10	ПК-3	ПК-3.1
6.	Методы формообразования. Обжиг изделий.	8	0	8	16	ПК-3	ПК-3.1
7.	Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов.	10	0	10		ПК-4	ПК-4.1
8.	Стратегия создания новых керамических материалов. Керамические материалы как поликристаллы.	6	0	6		ПК-4	ПК-4.1
9.	Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов.	6	0	6		ПК-4	ПК-4.1
10.	Изучение природы дефектов в кристаллических телах.	14	0	8	14	ПК-4	ПК-4.1
11.	Теплофизические свойства твердых тел и керамики.	8	0	8	12	ПК-4	ПК-4.1
12.	Изучение физических основ хрупкого разрушения керамических материалов.	8	0	14	14	ПК-4	ПК-4.1

4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	<p><u>Общие сведения о высокотемпературных материалах (ВТМ). Формирование фазового состава и микроструктуры.</u></p> <p>Определение понятия огнеупоры. Классификация огнеупоров по химико-минеральному составу. Виды огнеупоров и их ассортимент. Классификация по применению. Краткая характеристика свойств огнеупоров различных типов и групп. Основные области применения огнеупорных материалов и изделий. Фазовый состав, одно, двух и многофазные составы. Определение равновесного фазового состава огнеупоров на основе диаграмм состояния и последовательности фазовых преобразований. Сосуществующие фазовые сочетания. Прогнозирование выбора сочетаний огнеупорных фаз. Влияние фазового состава на главные свойства огнеупоров. Характеристики и типы микроструктур. Методы исследования микроструктур. Укладка зерен в микроструктурах. Относительное количество и размеры микроструктурных элементов. Пористость. Происхождение пор. Влияние пористости на свойства огнеупоров. Анизотропия микроструктуры. Примеры микроструктур огнеупорных изделий и материалов. Изменения микроструктуры огнеупоров в условиях воздействия температуры. Спекание. Образование кристаллического сростка. Поверхности и границы между зернами. Твердофазное спекание. Спекание с участием жидкой фазы. Реакционное спекание. Распределение конденсированных фаз.</p>	8	Л
2.	<p><u>Термические, теплофизические, термомеханические свойства ВТМ. Химическая устойчивость фаз и материалов.</u></p> <p>Огнеупорность. Классификация материалов по огнеупорности. Влияние химического и фазового состава на огнеупорность. Огнеупорность и температура плавления. Диаграммы плавкости. Температуры плавления фаз, слагающих важнейшие виды ВТМ. Теплоемкость. Теплопроводность. Эффективная теплопроводность. Теплопроводность многофазных материалов. Влияние пористости. Влияние технологических приемов на теплопроводность огнеупоров. Температуропроводность. Теплоаккумулирующая способность. Термическое расширение. Коэффициент термического расширения однофазных и многофазных</p>	8	Л, ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>материалов. Влияние полиморфных превращений. Принципы создания огнеупоров с весьма низким термическим расширением.</p> <p>Упругая деформация и прочность. Теоретическая и реальная прочность. Хрупкое и вязкое разрушение. Рост трещин. Теория Гриффитса-Орована. Статистический характер прочности. Влияние технологических факторов на прочность. Кратковременная прочность огнеупоров при высоких температурах. Методы влияния на прочность. Характеристики упругости материалов. Ползучесть. Зависимость ползучести от напряжения и структуры. Характеристики ползучести различных огнеупорных изделий в зависимости от их фазового состава и структуры. Длительная прочность как функция ползучести. Температура деформации под нагрузкой. Влияние химического и фазового составов. Влияние микроструктуры. Способы повышения температуры деформации огнеупорных изделий. Термостойкость. Термические напряжения первого и второго рода. Теории термостойкости. Методы оценки термостойкости огнеупоров. Критерии термостойкости. Методы направленного создания термостойких структур. Термостойкость наиболее распространенных огнеупоров. Химическая устойчивость фаз и материалов.</p> <p>Критерии химического взаимодействия: термодинамический, энергетический, электрохимический, поверхностной энергии. Взаимодействие огнеупоров с расплавами. Статическая и динамическая коррозия огнеупоров. Шлако- и металлоустойчивость. Испаряемость огнеупорных материалов. Влияние среды и фазового состава на испарение огнеупоров.</p>		
3.	<p><u>Высокотемпературные оксидные (кремнеземистые, алюмосиликатные, корундовые, магнезиальные, оксидциркониевые) и неоксидные материалы.</u></p> <p>Кремнеземистые материалы. Фазовая диаграмма SiO_2. Физико-химические свойства модификаций кремнезема. Сырьевые материалы: кварциты, кварцевые пески, плавленный кварц. Фазовые превращения при термической обработке. Роль минерализаторов в формировании фазового состава динасовых огнеупоров. Алюмосиликатные и корундовые материалы. Фазовая диаграмма $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. Физико-химические свойства муллита и корунда. Природное алюмосиликатное сырье: глины, каолины. Фазовые превращения при термической обработке. Природное высокоглиноземистое сырье. Синтетические</p>	10	Л, ПЛ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>спеченные и электроплавленные муллит и корунд. Магнезиальные материалы. Физико-химические свойства оксида магния. Природное магнезиальное сырье. Фазовые превращения магнезита при нагревании. Каустический магнезит. Спеченный и электроплавленный периклаз. Магнезиально-известковые материалы. Физико-химические свойства оксида кальция. Фазовая диаграмма CaO–MgO. Природное магнезиально-известковое сырье. Синтетические магнезиально-известковые материалы. Фазовые превращения доломитов при термической обработке в зависимости от состава примесей. Магнезиально-шпинелидные материалы. Фазовые диаграммы MgO–Cr₂O₃, MgO–Al₂O₃. Физико-химические свойства шпинелей. Природный хромит. Фазовые превращения при термической обработке. Взаимодействие хромита с периклазом. Синтетические спеченные и электроплавленные магнезиально-шпинелидные материалы. Магнезиально-силикатные материалы. Фазовая диаграмма MgO–SiO₂. Физико-химические свойства форстерита. Магнезиально-силикатные породы: серпентин, тальк, оливин, дунит. Фазовые превращения при термической обработке природных магнезиальных силикатов в смесях с периклазом, хромитом. Оксидциркониевые и цирконистые материалы. Фазовая диаграмма ZrO₂. Фазовая диаграмма ZrO₂–SiO₂. Физико-химические свойства ZrO₂ и циркона. Фазовые превращения при нагревании ZrO₂ и ZrSiO₄. Стабилизация и дестабилизация. Высокотемпературные неоксидные материалы. Углеродистые и карбонированные материалы. Фазовая диаграмма углерода. Физико-химические свойства графита. Углеродное сырье: графит, кокс, термоантрацит, пеки, смолы. Синтетические смолы. Свойства углеродистого сырья. Превращения при термической обработке. Карбидкремниевые материалы. Фазовая диаграмма Si–C. Физико-химические свойства карбида кремния. Получение карбида кремния. Фазовый состав карбидкремниевых ВТМ на различных связках. Физико-химические свойства B₄C, Si₃N₄, AlN, сиалонов. Фазовый состав и характеристика свойств. Области применения.</p>		
4.	<p><u>Элементы теории технологических систем.</u> <u>Организация стабильного технологического процесса.</u> Основные понятия: технологический процесс, модель технологического процесса, характеристика</p>	10	Л, ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>и оценка технологического процесса. Классификация технологических процессов. Технологическая система. Классификация технологических систем. Схемы технологических операций и производств огнеупоров. Оценка влияния параметров технологического процесса на свойства продукции. Схема расчета технологических операций огнеупорного производства. Оптимизация технологических процессов при производстве огнеупоров. Экономика и эффективность производства огнеупорных изделий. Информационное обеспечение. Программные продукты. Компоненты и вещественный состав масс их функциональная роль. Способы смешения компонентов массы. Закономерности распределения компонентов по объему массы. Показатели качества смешения компонентов. Физико-химические процессы образования массы. Условия образования масс. Влияние последовательности введения компонентов в смеситель на свойства масс. Расфракционирование масс. Параметры, определяющие смешение пластичных масс. Влияние вакуумирования на свойства масс. Технологическая оценка качества составленной массы. Схемы операций смешения масс.</p>		
5.	<p><u>Закономерности измельчения твердых тел.</u> Дробление и помол твердых тел. Основные теории процессов дробления и помола твердых тел. Коэффициент дробления. Стадии дробления. Схемы дробления и помола. Изменение кристаллической структуры материала при помоле. Кинетика измельчения. Способы получения тонкодисперсных материалов. Параметры, определяющие скорость и степень помола порошкообразных материалов. Помол материала в шаровых и вибрационных мельницах. Влияние поверхностно-активных веществ на помол огнеупорных материалов. Сухой и мокрый помол. Регулирование фракционного состава продуктов дробления и помола. Влияние типа измельчителя на дисперсность порошка. Разделение частиц по крупности. Зерновой состав. Рассев на ситах. Параметры грохочения и сепарации порошкообразного материала. Критерии качества разделения частиц по крупности. Принципы рациональной организации и направления совершенствования классификации порошкообразных материалов. Характеристика и свойства тонкодисперсных порошков. Наноразмерные порошки, получение и свойства.</p>	8	Л, ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>Форма и строение зерен. Теории упаковки зерен. Фракционный состав. Диаграммы зависимости объема пустот от фракционного состава. Зависимость плотности укладки от соотношения размеров зерен и крупности наполнителя. Прерывистый и непрерывный зерновые составы. Значение зернового состава и его влияние на свойства масс и изделий.</p>		
6.	<p><u>Методы формообразования. Обжиг изделий.</u> Полусухое прессование. Типы и характеристики пресспорошков. Процессы, протекающие при прессовании порошков. Упругое последствие. Параметры, определяющие плотность отформованного сырца. Уравнения сжимаемости пресспорошка. Зависимость плотности и прочности от режима прессования. Влияние временной технологической связки и поверхностно-активных веществ на свойства сырца. Влияние давления прессования на прочность прессовки. Анизотропия прессовки. Влияние давления прессования на пористую структуру огнеупора. Вычисление основных характеристик процесса прессования. Схемы организации операции прессования. Изостатическое формообразование изделий. Схемы изостатического прессования. Уплотнение порошков под изостатическим давлением. Влияние зернового состава, влажности и вакуумирования масс на свойства отформованных изделий. Схемы организации операции изостатического прессования. Квазиизостатическое прессование. Вибрационное формование. Величина и характеристика сил, действующих в процессе вибрационного формования. Технологические параметры вибрационного формования. Эффективность вибрационного формования различных огнеупорных масс. Высокотемпературное формообразование изделий. Теоретические принципы уплотнения порошков. Влияние технологических параметров. Высокотемпературное прессование изделий ответственного назначения. Пластическое формообразование. Структурно-механические характеристики пластичной массы. Допустимые напряжения сдвига при формовании пластичных масс. Влияние влажности и степени обогащения пластичной массы на формовочные свойства. Экструзия. Литье изделий. Разновидности шликерного литья. Состав и свойства шликеров. Требования к дисперсионной среде. Операции при</p>	8	Л, ЛПК

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	шликерном литье. Литье изделий из расплавленных масс. Формование футеровок из бетонных литейных масс. Обжиг огнеупорных изделий. Организация операции обжига. Газовые среды. Выбор режимов обжига. Кривая обжига. Выбор садки. Причины деформации изделий в обжиге. Сортировка и паспортизация изделий.		
7.	<u>Физико-химические аспекты создания композиционных керамических материалов.</u> Керамика как химико-технологический процесс. Многофакторность связей свойств керамических материалов с процессами технологии. Области применения и перспективы развития. Структура совершенных кристаллов. Элементы симметрии. Базис, элементарная и примитивная ячейки. Решетки Браве. Основные типы кристаллических решеток. Положение и ориентация плоскостей в кристаллах. Анизотропия кристаллов. Методы изучения строения кристаллических решеток. Закон Брэгга. Обратная решетка. Межатомная связь в кристалле. Типы химических связей в кристаллах. Силы Ван-дер-Ваальса и молекулярные кристаллы. Водородная связь. Ионная связь, ионные радиусы. Ковалентная связь и типичные ковалентные соединения. Металлическая связь, ее специфика. Обменное взаимодействие и его роль в образовании кристаллических структур. Металлы и их свойства. Классическая электронная теория металлов. Электропроводность, закон Ома, эффект Холла. Основы квантовой теории металлов. Свободный электронный газ Ферми. Энергетические уровни и плотность состояний. Принцип распределения электронов по энергии Ферми – Дирака. Вырожденные электроны, температура Ферми. Теплоемкость, теплопроводность металлов, закон Видемана-Франца. Сверхпроводимость. Сверхпроводники I и II рода. Эффект Мейснера. Критический ток, разрушение сверхпроводимости магнитным полем. Изотопический эффект. Основы теории Богомолова – Бардина, Купера, Шиффера. Новые керамические сверхпроводники. Основы зонной теории твердых тел. Происхождение энергетической щели. Волновое уравнение для электрона в периодическом потенциальном поле. Функция Блоха; число уровней в зоне. Эффективная масса электронов в кристалле. Электроны и дырки. Металлы и диэлектрики. Полупроводники. Собственная проводимость. Примесная проводимость, температурная зависимость	10	Л, ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>проводимости полупроводников. Электропроводность гетерофазных материалов типа проводник–диэлектрик. Теория перколяции. Проводимость как функция состава и структуры.</p>		
8.	<p><u>Стратегия создания новых керамических материалов. Керамические материалы как поликристаллы.</u> Анализ условий эксплуатации материала и выбор основных носителей свойств. Одно- и гетерофазные керамические материалы. Диаграммы состояния как физико-химический базис новых материалов. Основные типы диаграмм состояния, диаграммы состав – свойство. Взгляды Н.С. Курнакова – принципы непрерывности и соответствия. Критерий совместимости компонентов в широком диапазоне температур. Квазибинарные, квазитройные системы тугоплавких соединений как физико-химический фундамент создания гетерогенных материалов из веществ различной химической природы.</p>	6	Л, ЛВ
9.	<p><u>Проблема однородности и воспроизводимости свойств керамических материалов.</u> Специфичность керамики – хрупкость, возможные пути решения, масштабный эффект, параметр Вейбулла. Керамоведение – комплексный материаловедческий процесс создания спеченных материалов. Структурные параметры: пористость, фазовый состав, размер фазовых составляющих, (зерен), строение границ зерен, дефектность фазовых составляющих, кристаллическая структура, электронное строение. Влияние указанных структурных параметров на свойства планируемых материалов. Фундаментальные структурные параметры и параметры, регулируемые технологией.</p>	6	Л, Э
10.	<p><u>Изучение природы дефектов в кристаллических телах.</u> Структура реальных кристаллов. Точечные атомные дефекты. Дефекты по Шоттки, по Френкелю. Дефекты и термодинамическое равновесие. Примесные дефекты. Контролируемая валентность. Закон электронейтральности. Дефекты и электропроводность ионных, ковалентных и металлических кристаллов. Линейные дефекты – дислокации. Краевые и винтовые дислокации, плоскость скольжения, вектор Бюргерса, системы скольжения. Энергия дислокаций, теоретическая и реальная прочность кристаллов, модели</p>	14	Л, Э

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	<p>дислокаций. Генерирование дислокаций – источники Франка-Рида. Подвижность дислокаций, переползание при высоких температурах. Границы зерен, строение границ зерен. Малоугловые, большеугловые, специальные границы, энергия границ зерен. Взаимодействие дислокаций с границами. Массоперенос в твердых телах. Механизмы диффузии – обмен атомов местами, кольцевой, по междоузлиям, вакансионный. Энергия активации процесса вакансионной диффузии. Самодиффузия. Статистический характер диффузионных процессов. Диффузия по дислокационным трубкам, границам и поверхности зерен. Дефектность кристаллов и диффузионная подвижность. Законы Фика. Зависимость коэффициента диффузии от температуры. Методы изучения диффузии. Особенность диффузии в тугоплавких металлах, ионно-ковалентных оксидах, металлоподобных и ковалентных соединениях. Взаимодиффузия, эффект Киркендалла-Френкеля. Закономерности образования твердых растворов.</p>		
11.	<p><u>Теплофизические свойства твердых тел и керамики.</u> Квантовый характер колебаний решетки, колебания в решетке из одинаковых атомов, из двух разных атомов. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Фононы. Теплоемкость кристаллов, теория Дебая. Колебания атомов в решетке и температура плавления. Ангармонические эффекты в кристаллах. Тепловое расширение твердых тел. Параметр Грюнайзена. Анизотропия теплового расширения. Проявление ее в керамических материалах – поликристаллах. Термомеханическая совместимость фаз в гетерофазных керамиках. Теплопроводность кристаллов различной химической природы. Теплопроводность гетерофазных керамических материалов. Влияние пористости. Термостойкость. Критерии термостойкости. Методы регулирования термостойкости.</p>	8	Л, Э
12.	<p><u>Изучение физических основ хрупкого разрушения керамических материалов.</u> Характер деформаций и напряжений в твердых телах. Упругие и пластические деформации, изменение формы и объема. Закон Гука. Модули упругости, сдвига, всестороннего сжатия. Коэффициент Пуассона. Твердость. Пластическая</p>	8	Л, Э

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	деформация. Влияние температуры на прочность и предел текучести (схема Давиденкова). Вязко-хрупкий переход. Теория хрупкого разрушения Гриффитса. Критическая трещина. Работа разрушения. Теоретическая прочность. Статистический характер разрушения керамических материалов, параметр Вейбулла. Атомные процессы, протекающие в твердом теле при разрушении. Основы кинетической теории прочности Журкова С.Н. Взаимосвязь прочности керамических материалов с параметрами структуры: пористостью, размером зерен, присутствием второй фазы. Прогнозирование прочности керамических материалов. Ползучесть керамических материалов. Характер и основные механизмы ползучести при высоких температурах. Способы регулирования сопротивления ползучести высокотемпературных материалов. Прогнозирование разрушения керамики.		

4.3. Занятия семинарского типа

4.3.1. Семинары, практические занятия

Семинарские занятия не предусмотрены

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.	Освоение методов расчета влияния размера зерен на механические свойства керамик.	8	4	
2.	Подготовка исходных материалов, отбор средней пробы, составление шихты, измельчение на барабанной, вибромельнице и в атриторе.	8	4	
3.	Параметры, определяющие плотность отформованного сырца. Уравнения сжимаемости пресс-порошка. Зависимость плотности и прочности от режима прессования. Вычисление основных характеристик процесса прессования.	8	4	
4.	Подготовка опытных образцов из рекомендованных керамических композиций различной природы.	12	6	

№ раздела	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
	Формование и обжиг образцов.			
5.	Схема расчета технологических операций огнеупорного производства. Оптимизация технологических процессов при производстве огнеупоров.	8	4	
6.	Методы оценки термостойкости. Критерии термостойкости. Методы направленного создания термостойких структур. Термостойкость наиболее распространенных высокотемпературных материалов	8	4	
7.	Расчет коэффициентов диффузии $D = f(T)$ для различных указанных твердых тел (металлы, карбиды, оксиды) и оценка времени, необходимого для заданного диффузионного пути.	10	5	
8.	Освоение методов расчета влияния пористости на прочность, теплопроводность, электропроводность и модуль упругости, оценка этих параметров для указанных керамик.	6	3	
9.	Фазовые превращения на примере доломитов, диоксида кремния и диоксида циркония при термической обработке в зависимости от состава примесей.	6	3	
10.	Осуществление физико-химических и термодинамических расчетов по оценке совместимости указанных в задании компонентов с использованием известных для них термодинамических данных.	8	4	
11.	Определение водопоглощения, открытой пористости и кажущейся плотности. Изучение основных структурных характеристик.	8	4	
12.	Изучение закономерностей хрупкого разрушения керамических материалов – твердости, трещиностойкости, прочности. Определение пределов прочности при сжатии и изгибе. Определение модуля упругости огнеупоров. Определение термостойкости огнеупоров.	14	7	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Виды керамики, огнеупоров и их ассортимент. Классификация по применению.	12	Устный или письменный опрос
2	Статическая и динамическая коррозия огнеупоров. Фазовые диаграммы и области огнеупорных составов. Сосуществующие фазовые сочетания. Прогнозирование выбора сочетаний огнеупорных фаз.	12	Устный или письменный опрос
3	Диаграммы плавкости. Температуры плавления фаз, слагающих важнейшие виды керамики и огнеупоров. Физико-химические свойства модификаций кремнезема. Фазовая диаграмма $Al_2O_3-SiO_2$. Фазовые диаграммы $CaO-MgO$, $MgO-Al_2O_3$. Фазовые превращения при нагревании ZrO_2 и $ZrSiO_4$. Физико-химические свойства B_4C , Si_3N_4 , AlN , сиалонов. Фазовый состав и характеристика свойств. Области применения.	16	Устный или письменный опрос
4	Нормативно-технические документы на осуществление технологического процесса. Оценка качества приготовления огнеупорных масс. Информационное обеспечение организации технологического процесса. Программные продукты.	12	Устный или письменный опрос
5	Основные теории процессов дробления и помола твердых тел. Характеристика и свойства тонкодисперсных порошков.	10	Устный или письменный опрос
6	Процессы, протекающие при прессовании порошков. Литье изделий из расплавленных масс. Формование футеровок из бетонных литейных масс. Контроль режима обжига. Сортировка и паспортизация изделий.	16	Устный или письменный опрос
10	Изучение природы дефектов в кристаллических телах. Изучение основных механизмов диффузии и гетеродиффузии в твердых телах. Прогнозирование разрушения керамики.	14	Устный или письменный опрос
11	Высокотемпературный крип, связь с диффузией и структурой.	12	Устный или письменный опрос
12	Длительная прочность, механизмы деградации структуры. Изучение физических основ хрупкого разрушения керамических материалов.	14	Устный или письменный опрос

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

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты двух курсовых работ, зачета и двух экзаменов.

К сдаче зачета и экзаменов допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет и экзамены предусматривают выборочную проверку освоения заданных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) теоретического характера.

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

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Методы определения термостойкости.
2. Упругие характеристики материала и их связь с прочностью.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Оценка влияния параметров технологического процесса на свойства продукции.
2. Уплотнение порошков под воздействием изостатического давления.

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»⁴.

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

а) печатные издания:

1. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : Учебное пособие для вузов по специальности 24.03.24 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и 26.10.01 «Технология художественной обработки материалов» / А. П. Зубехин, С. П. Голованова, Е. А. Яценко и др.; под ред. А. П. Зубехина. – Москва : Картэк, 2010. – 307 с. ISBN: 978-5-9901582-2-1.

2. Стандартные методы исследования огнеупоров : Учебное пособие / С. А. Суворов, Т. М. Сараева, И. А. Туркин и др. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический

⁴ Для промежуточной аттестации в форме зачёта – «зачёт».

институт (технический университет), Кафедра химической технологии высокотемпературных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2008. - 76 с.

3. Шевченко, А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов : учеб. пособие для вузов/А.А. Шевченко. – Санкт-Петербург : Профессия, 2010. – 223 с. – ISBN: 978-5-91884-003-0.

4. Воронов, В. К. Современная физика. Конденсированное состояние : Учебное пособие для вузов по техническим и естественно-научным спец. / В. К. Воронов, А. В. Подоппелов. - М. : Изд-во ЛКИ, 2008. - 336 с. - ISBN 978-5-382-00780-9.

5. Циркониевые материалы. Фазовые преобразования и свойства : Учебное пособие / В. И. Страхов, А. И. Арсирий, О. В. Карпинская и др. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра технологии стекла и общей технологии силикатов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2011. - 92 с.

б) электронные учебные издания:

1. Пантелеев, И.Б. Теоретические основы технологии керамики : 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. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. Суворов, С.А. Научные принципы технологии огнеупоров. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.В. Козлов. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии высокотемпературных материалов. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2009. – 177 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-0923-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167762> (дата обращения: 15.01.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - 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.

В ходе лекционных занятий обучающимся 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, 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 обеспечение⁵.

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word)

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

⁵ В разделе отображаются комплекты лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для обеспечения дисциплины

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы⁶.

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 (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов 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 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.

⁶ В разделе отображается состав помещений, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой по дисциплине, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Научные принципы технологии высокотемпературных
неметаллических материалов»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание ⁷	Этап формирования ⁸
ПК-3	Способен осуществлять сбор и обработку информации о существующих типах и марках современных материалов, их структуре и свойствах, анализировать и использовать ее для решения поставленных задач	промежуточный
ПК-4	Способен организовать и выполнить исследования по заданной тематике в области материаловедения и технологии материалов, анализировать и оформлять результаты исследований	промежуточный

⁷ **Жирным шрифтом** выделяется та часть компетенции, которая формируется в ходе изучения данной дисциплины (если компетенция осваивается полностью, то фрагменты не выделяются).

⁸ Этап формирования компетенции выбирается по п. 2 РПД и учебному плану (начальный – если нет предшествующих дисциплин, итоговый – если нет последующих дисциплин (или компетенция не формируется в ходе практики или ГИА), промежуточный - все другие)

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)
ПК-3.2 Проведение сбора и обработки информации о структуре и свойствах высокотемпературных неметаллических материалов	Называет принципы поиска информации о физических и химических свойствах высокотемпературных неметаллических материалов (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы № 1-7 к зачету и к экзамену № 1-6	Перечисляет способы и параметры основных технологических воздействий при формировании технических свойств высокотемпературных материалов.	Называет основные виды закономерностей, способов и параметров технологических воздействий при формировании технических свойств высокотемпературных материалов. Перечисляет оптимальные условия изготовления полуфабрикатов и готовой продукции.	Перечисляет научные положения и закономерности способов и параметров технологических воздействий при формировании технических свойств высокотемпературных материалов. Правильно выбирает оптимальные условия изготовления и управлять технологическими процессами, пользуясь современными методами контроля технологических операций, качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.
	Анализирует научную информацию в области изучения свойств высокотемпературных неметаллических материалов и использовать ее для решения поставленных задач (У-1)	Правильные ответы на вопросы № 8-15 к зачету и к экзамену № 7-15	Поясняет принципы создания методами керамической технологии композиционных материалов, методы исследования их структуры и свойств.	Объясняет взаимосвязь выявленных дефектов продукции с отклонениями от заданных технологических режимов, формулирует задания на разработку требований к организации	Анализирует направления и тенденции совершенствования способов механической, химической физико-химической, термической и др. переработки компонентов высокотемпературных материалов,

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
				параметрам технологических операций.	технологические возможности машин и оборудования; обосновывает требования к свойствам и качеству сырьевых компонентов и выбору источников сырья, составлять функциональные модели высокотемпературных материалов.
	Показывает владение основными методиками исследования физических и химических свойств высокотемпературных неметаллических материалов (Н-1)	Правильные ответы на вопросы № 16-23 к зачету и к экзамену № 16-24	Демонстрирует знание закономерностей, методов и параметров переработки сырьевых компонентов в изделия, материалы, массы, порошки; методы и способы определения параметров технологических операций и оценки их влияния на показатели свойств целевой функциональной продукции.	Пользуется диаграммами состояния для прогнозирования свойств оксидных и неоксидных систем. Демонстрирует знание фундаментальных основ, определяющих физико-механические и эксплуатационные свойства спеченных материалов, связанные с их структурой.	Ориентируется в выборе методов управления строением и свойствами материалов, опираясь на диаграммы состояния и технологические возможности. Демонстрирует представления о фундаментальных физических основах, определяющих важнейшие свойства керамических композиционных материалов.
ПК-4.1 Организация и выполнение исследований в области технологии	Называет способы планирования физических и химических экспериментов в области технологии высокотемпературных	Правильные ответы на вопросы № 25-32 к экзамену	Перечисляет наиболее важные фазовые диаграммы и свойства высокотемпературных фаз, источники,	Приводит примеры взаимосвязи закономерностей формирования фазового состава,	Называет методы обоснования и выбора фазового состава высокотемпературных материалов. Видит на основе знаний

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
высокотемпературных неметаллических материалов и представление результатов исследований	неметаллических материалов (ЗН-2)		свойства и термические превращения сырья, физико-химические закономерности распределения фаз в конденсированных системах, положения теорий спекания, методы управления фазовым составом и микроструктурой высокотемпературных материалов.	микроструктуры и технических свойств высокотемпературных материалов. Оценивает термическую и химическую стойкость материалов.	иерархической связи и подчиненности структурных уровней материалов различной химической природы, создаваемых путем консолидации дисперсных одно- и многофазных систем, причинно-следственную связь между свойствами создаваемых материалов, их структурой и технологией изготовления.
	Объясняет , как провести научный эксперимент в области создания и изучения свойств в области технологии высокотемпературных неметаллических материалов (У-2)	Правильные ответы на вопросы № 33-42 к экзамену	Письменно излагает состав и организацию технологических операций производства высокотемпературных материалов и изделий.	Анализирует свойства высокотемпературных материалов и влияние на них параметров операций технологических процессов, формулировать научно-технические предложения, направленные на повышение и стабилизацию свойств высокотемпературных материалов.	Сопоставляет и делает выводы о связи тонкого строения вещества с технологическими, физико-химическими и эксплуатационными свойствами сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, решает проблему создания материалов с регулируемыми свойствами.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Демонстрирует навыки владения основными методиками проведения физических и химических экспериментов и обработки их результатов с оценкой погрешности	Правильные ответы на вопросы № 43-55 к экзамену	Показывает знание об основных методах изучения структуры, свойств и состава исходного сырья, основные методы синтеза.	Выбирает оптимальные варианты исследования (методику) керамического сырья с целью получения данных о возможности применения его в производстве керамических материалов и изделий с минимально возможными временными и материальными затратами.	Демонстрирует знание и навыки владения широким кругом современных методов определения гранулометрического состава сырья, пластической прочности, фазового состава, свойств и микроструктуры спеченных керамических материалов, необходимых для совершенствования технологии керамических материалов для различных областей техники.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации
а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-3:
вопросы к зачету (5 семестр)

1. Классификация высокотемпературных материалов по ведущим признакам. Функциональность показателей свойств.
2. Прогнозирование выбора сочетаний высокотемпературных фаз. Примеры влияния фазового состава на главные свойства.
3. Диаграммы равновесного состояния и плавкости как источник физико-химической информации.
4. Твердофазное спекание.
5. Спекание с участием жидкой фазы.
6. Характеристика микроструктуры. Виды пористости. Происхождение пор. Влияние пористости на свойства.
7. Одно-, двух- и многофазные материалы. Распределение фаз в многофазных материалах.
8. Термостойкость. Теории термостойкости. Термостойкость наиболее распространенных огнеупоров.
9. Методы определения термостойкости
10. Влияние химического и фазового составов на огнеупорность. Огнеупорность и температура плавления.
11. Коэффициент термического расширения однофазных и многофазных материалов. Коэффициенты термического расширения огнеупорных изделий.
12. Эффективная теплопроводность. Теплопроводность многофазных материалов. Влияние технологических параметров на теплопроводность материалов. Теплопроводность некоторых огнеупоров.
13. Теоретическая прочность. Теория Гиффитса – Орована. Влияние технологических факторов на прочность. Методы влияния на прочность.
14. Упругие характеристики материала и их связь с прочностью.
15. Температура деформации под нагрузкой.
16. Ползучесть. Зависимость ползучести от напряжения структуры.
17. ВТМ на основе SiO_2 . Сырьевые материалы. Роль минерализаторов в формировании фазового состава диоксидных огнеупоров и кварцевой керамики.
18. Алумосиликатные ВТМ. Природное алумосиликатное сырье. Классификация, свойства.
19. Корундовая керамика, абразивы и огнеупоры. Сырье для производства корундовых материалов. Свойства корундовых материалов, применяемых в качестве ВТМ, шлифабразивов, конструкционной керамики и трибоматериалов.
20. Магнезиальные огнеупоры. Природное магнезиальное сырье. Спеченный и электроплавленный периклаз. Фазовый состав. Характеристика свойств ВТМ.
21. Магнезиально-известковые огнеупоры. Природное магнезиально-известковое сырье. Синтетические магнезиально-известковые материалы. Фазовый состав и свойства магнезиально-известковых огнеупоров.
22. Алюомагнезиальные и магнезиально-шпинелидные ВТМ. Взаимодействие хромита с периклазом. Фазовый состав и свойства шпинельных и магнезиально-шпинелидных материалов.
23. Магнезиально-силикатные огнеупоры и керамика. Магнезиально-силикатные породы. Фазовый состав. Характеристика свойств керамик и огнеупоров.

К зачету в 5 семестре допускаются обучающиеся, выполнившие все формы текущего контроля.

При сдаче зачета, обучающийся получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки обучающихся к устному ответу – до 30 мин.

вопросы к экзамену (6 семестр)

1. Технологический процесс. Характеристика и оценка технологического процесса.
2. Схемы технологических операций и производств огнеупоров.
3. Оценка влияния параметров технологического процесса на свойства продукции.
4. Параметры оптимизации технологических процессов при производстве огнеупоров.
5. Способы смешения компонентов массы. Показатели качества смешения компонентов.
6. Функциональный состав масс. Назначение и роль ингредиентов.
7. Основные теории дробления и помола твердых тел.
8. Параметры, определяющие скорость помола порошкообразных материалов.
9. Помол материала в мельницах различного типа.
10. Свойства тонкодисперсных порошков. Характеристика тонкодисперсных порошков.
11. Параметры, определяющие грохочение и сепарацию порошкообразного материала.
12. Значение зернового состава и его влияние на свойства масс и изделий. Форма и строение зерен. Назначение фракций.
13. Теории упаковки зерен. Диаграммы зависимости объема пустот от содержания крупных и мелких зерен.
14. Физико-химические процессы образования массы. Условия образования.
15. Выбор способа формообразования сырца изделий.
16. Характеристика пресспорошков. Процессы, протекающие при прессовании порошков.
17. Уравнение сжимаемости пресспорошка. Анизотропия прессовки
18. Состояние прессовки на различных стадиях прессования. Параметры, определяющие плотность сырца.
19. Уплотнение порошков под воздействием изостатического давления.
20. Величина и характеристика сил, действующих в процессе вибрационного формования.
21. Горячее формообразование изделий. Теоретические основы уплотнения порошков.
22. Пластичное формообразование.
23. Анизотропия и неравномерность сырца. Влияние на свойства.
24. Организация операции обжига.

К экзамену в 6 семестре допускаются обучающиеся, выполнившие все формы текущего контроля.

При сдаче экзамена, обучающийся получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки обучающегося к устному ответу – до 30 мин.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-4:

вопросы к экзамену (7 семестр)

25. Основные принципы создания спеченных композиционных материалов.
26. Линейные дефекты – винтовая дислокация, её строение, характеристики, сдвиговое напряжение.
27. Взаимодиффузия, эффекты Киркендалла-Френкеля, их роль при спекании керамики.
28. Основные типы диаграмм состав – свойство и их связь с диаграммами состояния.
29. Теоретическая и реальная прочность кристаллических материалов.
30. Иерархическая взаимосвязь структурных характеристик поликристаллических керамических материалов.
31. Простейшая «роликовая» модель дислокации.
32. Последовательность технических решений при разработке новых материалов.
33. Общие свойства дислокаций (на примере линейной дислокации).
34. Пластическая деформация монокристаллов и поликристаллов, закон Шмида.
35. «Размножение» дислокаций – механизм Франка-Рида.
36. Плоские дефекты – границы зерен, их строение, влияние на свойства поликристаллов.
37. Энергия границ зерен, закономерности роста зерен в поликристаллах.
38. Поведение при нагружении пластичных и хрупких тел, P- τ -диаграммы.
39. Теплоемкость твердых тел, закон Дюлонга-Пти, смысл понятия «температура Дебая».
40. Идеальные и реальные кристаллы, основные отличительные характеристики..
41. Реальные кристаллы: точечные атомные дефекты, их виды.
42. Влияние структуры на прочностные характеристики поликристаллов (керамики).
43. Закон электронейтральности для ионных кристаллов, его рациональное приложение.
44. Самодиффузия и диффузия в кристаллах, механизмы диффузии, 1-й закон Фика.
45. Взаимодиффузия, эффекты Киркендалла-Френкеля, их роль при спекании керамики.
46. Регулируемая валентность, нестехиометрия как проявление дефектности кристаллической структуры.
47. Термомеханическая совместимость фаз в композиционных материалах.
48. Ползучесть кристаллических материалов, кривая ползучести и ее анализ.
49. Анизотропия, КЛТР и влияние структуры на эффективный КЛТР в кристаллических материалах.
50. Критерии термостойкости и их роль в оценке эксплуатационных свойств керамики.
51. Статистический характер прочности, суть масштабного эффекта, критерий Вейбулла и его суть.
52. Основные положения теории хрупкого разрушения поликристаллов Гриффитса.
53. Схема деформации и разрушения твердых тел по Давиденкову. Влияние температуры на поведение твердых тел
54. Влияние температуры на прочность керамических материалов.
55. Механизмы ползучести по Набарро-Херрину, Коблу, влияние структуры на ползучесть.

К экзамену в 7 семестре допускаются обучающиеся, выполнившие все формы текущего контроля.

При сдаче экзамена, обучающийся получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки обучающегося к устному ответу – до 30 мин.

4. Темы курсовых работ:

а) 6 семестр

В процессе изучения дисциплины в 6 семестре студенты выполняют курсовую работу на тему «Проектирование высокотемпературного материала на основе фаз системы...». Выбор конкретной системы увязывается с целями и задачами дисциплины, тематикой научно-технических проблем, решаемых кафедрой, например:

$\text{SiO}_2 - \text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{TiO}_5$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgAl}_2\text{O}_4$, $\text{CaO} - \text{MgO}$, $\text{CaAl}_4\text{O}_7 - \text{CaAl}_{12}\text{O}_{19}$, $\text{MgO} - \text{MgAl}_2\text{O}_4$, $\text{MgO} - \text{MgFe}_2\text{O}_4$, $\text{MgO} - \text{MgCr}_2\text{O}_4$.

В процессе выполнения курсовой работы студент должен рассмотреть следующие вопросы:

1. Введение. Обоснование выбора исследуемой системы.
2. Выбор аналога и прототипа разрабатываемого высокотемпературного материала.
3. Определение сосуществующих фаз.
4. Физико-химическая характеристика выбранных фаз.
5. Расчет диаграммы плавкости выбранной фазовой смеси.
6. Определение области составов, пригодных для создания ВТМ.
7. Определение вида и состава исходных материалов.
8. Проектирование фазового состава разрабатываемого ВТМ.
9. Характеристика свойств разрабатываемого ВТМ.
10. Сравнительная оценка показателей свойств проектируемого ВТМ и его аналога.
11. Определение типа материала по химико-минеральному составу для огнеупоров.
12. Наименование разрабатываемого материала по признакам химического и фазового состава.
13. Формулирование технических условий реализации фазового состава ВТМ.
14. Определение видов возможной продукции.
15. Выводы.

Выполняя курсовую работу, студент должен пользоваться литературой, рекомендованной для изучения данной дисциплины.

б) 7 семестр

1. Карбид кремния и материалы на его основе.
2. Карбид бора и материалы на его основе.
3. Карбид титана и его применение.
4. Нитрид кремния и материалы на его основе.
5. Исследование взаимодействия в системах карбид d-металла - Al_2O_3 .
6. Керамики конструкционного назначения на основе ZrO_2 .
7. Твердые сплавы системы WC – карбонитрид, их физико-механические и эксплуатационные свойства.
8. Материалы на основе SiC, применение их для изготовления шарико-подшипников.
9. Применение керамических масс для изготовления установочной керамики для высоковольтной техники.
10. Физико-механические свойства регенерированных (вторичных) твердых сплавов.

11. Композиционные материалы с высокой теплопроводностью на основе нитрида алюминия, кубического нитрида бора, карбида кремния.
12. Изучение способов получения высокодисперсных порошков частично стабилизированного оксидами РЗЭ и щелочноземельных металлов диоксида циркония.
13. Термостойкая керамика в системе на основе муллита, кордиерита и сподумена.
14. Конструкционная керамика в системе SiC – оксиды, в том числе сложные.
15. Исследование взаимодействия в системе $Me_xV_y-SiC-B_4C$.
16. Исследование взаимодействия в системах карбид металла (VI) - карбид (карбонитрид) металла (IV) - карбид (карбонитрид) металла (V).
17. Физико-химический базис проектирования свойств материалов в системах WC–ZrC–ZrN и WC–NbC–NbN.
18. Исследование взаимодействия в системах $MoSi_2-MeB_2-MeC$.
19. Особенности технологии термостойкой циркониевой керамики с повышенными механическими характеристиками.
20. Исследование взаимодействия в системах LnB_6-B_4C .
21. Исследование взаимодействия в системах $W_2B_5-Me^{IV-VI}B_2$.
22. Исследование механизма образования сложных карбонитридов в системе WC–TiC–TiN–TaC–TaN.
23. Исследование взаимодействия в системе LnB_6-SiC .
24. Инструментальные материалы на основе WC.

5. 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 курсового проекта (курсовой работы), экзамена или зачёта.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), на зачёте – «зачёт», «незачёт». При этом «зачёт» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенции.