



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

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор  
  
А.Н. Шевчик  
«25» августа 2022 г.  


**ПРОГРАММА**  
**вступительных испытаний для приема на обучение по программе подготовки**  
**научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**  
**по дисциплине**  
**ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ**  
**НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Научная специальность  
2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Санкт-Петербург  
2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТЧИКИ

Должность, ученое звание	Подпись	Фамилия, инициалы
профессор кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, профессор		Брыков А.С.

Программа вступительных испытаний по дисциплине «Материаловедение» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

протокол № 10 от 24 января 2022 г.

Зав. кафедрой

Пантелеев И.Б.

### СОГЛАСОВАНО

Ответственный за подготовку программы – заведующий кафедрой химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, профессор		Пантелеев И.Б.
Проректор по научной работе		Гарабаджиу А.В.
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры		Еронько О.Н.

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Рекомендуемая структура экзамена .....	4
2	Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена.....	4
3	Вопросы к вступительному экзамену.....	9
4	Литература.....	13
5	Методические указания по подготовке к вступительному экзамену.....	14

## 1. Рекомендуемая структура экзамена

- 1.1. Письменный ответ на три вопроса из списка экзаменационных вопросов.
- 1.2. Беседа с членами приемной комиссии по этим вопросам и вопросам, связанным со специальностью и будущим научным исследованием.

## 2. Разделы дисциплины, рассматриваемые в ходе экзамена

2.1 Теоретические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

2.1.1. Строение и свойства силикатных материалов.

Электронное строение и химия кремния. Элементарный кремний, его свойства. Бинарные соединения кремния. Химическая связь Si-O и Si-O-Si, причины ее химической устойчивости.

2.1.2. Структурные типы силикатов и алюмосиликатов

Структура кристаллических силикатов - островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные силикаты. Химическая связь металлов в силикатах. Координационное состояние кремния и алюминия в силикатах и алюмосиликатах. Основные правила построения ионно-ковалентных структур. Применение правил Полинга к силикатным и алюмосиликатным структурам. Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз.

2.2.3. Фазовые равновесия и диаграммы состояния

Система. Параметры системы. Фаза. Независимые компоненты. Термодинамическое равновесие. Степени свободы. Правило фаз Гиббса. Общие сведения и диаграмма состояния. Диаграмма состояния однокомпонентной системы с соединением, имеющим полиморфные модификации. Диаграмма состояния системы SiO<sub>2</sub>. Характеристика полиморфных модификаций в системе SiO<sub>2</sub>. Области стабильного и метастабильного существования полиморфов кремнезема. Диаграммы состояния Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, ZrO<sub>2</sub>. Метод изображения двухкомпонентных систем. Правила работы с диаграммами. Диаграмма состояний системы с одной эвтектикой. Диаграмма состояния системы с химическим соединением, плавящимся конгруэнтно, инконгруэнтно. Диаграмма состояний систем с полиморфными превращениями, образованием твердых растворов, ликвацией.

Двухкомпонентные системы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, MgO-SiO<sub>2</sub>, MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – значение в технологии огнеупоров и керамики. Муллит - свойства, способы получения, промышленное значение. Строение и свойства силикатов магнезия. Алюмомагнезиевая шпинель - Структура, свойства, техническое значение. Двухкомпонентные системы CaO-SiO<sub>2</sub> и CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Структура силикатов и алюминатов кальция и их свойства. Взаимодействие силикатов и алюминатов кальция с водой и образуемые продукты. Значение диаграммы в технологии порландских и алюминатных (глиноземистых и высокоглиноземистых) и цементов. Метод изображения трехкомпонентных систем. Правила работы с диаграммами. Основные типы диаграмм состояния трехкомпонентных систем. Диаграмма состояния с одной тройной эвтектикой. Диаграмма состояния системы с двойным (тройным) соединением, плавящимся конгруэнтно (инконгруэнтно).

Трехкомпонентные системы MgO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O-CaO-SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>. Тройные соединения, их свойства, техническое значение в высокотемпературных процессах, в технологии стекла, огнеупоров, керамики. Тройные соединения в системе CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Их структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии порландского и алюминатного цементов. Области составов техногенных продуктов, лежащие в поле диаграммы.

Четырехкомпонентные системы. Метод изображения, правила работы с диаграммами. Система  $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , ее значение в технологии портландского цемента. Понятие коэффициента насыщения (КН). Фазы портландцементного клинкера. Их структура, свойства, взаимодействие с водой.

## 2.2 Твердофазные реакции силикатообразования

2.2.1 Виды дефектов структуры. Точечные дефекты, их энергия образования и содержание в кристаллической структуре; влияние температуры. Твердофазные реакции силикатообразования. Диффузионный перенос вещества посредством точечных дефектов структуры как механизм твердофазных превращений. Виды диффузии. Влияние температуры на скорость диффузии.

2.2.2 Кинетика твердофазных превращений. Образование продукта твердофазной реакции на границе раздела фаз. Кинетика твердофазных реакций. Влияние отдельных факторов на скорость твердофазных реакций. Ступенчатость твердофазных реакций силикатообразования. Основные закономерности, влияющие на последовательность образования силикатов.

2.2.3 Физико-химические основы спекательных процессов. Движущая сила спекательных процессов. Твердофазное и жидкофазное спекание. Стадии твердофазного спекания. Механизмы переноса вещества при спекании. Причины развития усадочных процессов. Жидкофазное спекание. Роль жидкости в процессах спекания и химических превращениях, сопровождающих спекание. Явление смачивания и формула Лапласа.

## 2.2.4 Термохимия силикатов и приложения химической термодинамики к силикатам

Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Теплоты образования соединений, плавления, кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений. Второй закон термодинамики. Энергия Гиббса

2.3. Методы исследования структуры и физических свойств силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

2.3.1 Физические и физико-химические методы исследования элементного и фазового состава, структуры силикатов и алюмосиликатов.

2.3.2. Спектральные методы анализа. Атомная и молекулярная спектроскопия. Дифракционные методы. Ядерно-магнитный резонанс. Электронная микроскопия. Лазерная гранулометрия

## 2.3.3. Механические свойства материалов и методы их определения

Упругие свойства материалов. Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение. Пластическая деформация и деформационное упрочнение. Механизмы пластической деформации. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения. Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении. Механические свойства, определяемые при статическом нагружении. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость. Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Ударная вязкость. Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости.

2.4. Стеклообразное состояние силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

2.4.1 Структурные теории, физическая и химическая природа стеклообразного состояния, свойства стекол. Теория строения стекла. Общие признаки стеклообразного состояния. Определение стекла. Химическая и физическая природа стеклообразного состояния. Кристаллитная теория, теория непрерывной сетки.

2.4.2 Основные и вспомогательные сырьевые компоненты, подготовка сырьевых материалов при проектировании состава стекла. Основные стадии процесса стекловарения, стекловаренные печи. Стадии стекловарения.

2.4.3 Основы формования стеклоизделий. Технологическая шкала вязкости. Методы формования стеклоизделий. Производство листового стекла. Вертикальное вытягивание ленты стекла со свободной поверхности (метод БВВС). Полированное листовое стекло (флоат-метод). Прессование, пресс-выдувание. Выдувание.

## 2.5. Технология керамических материалов

2.5.1 Сырьевые материалы для производства керамики. Классификация глин. Основные месторождения глин и каолинов в России. Генезис глинистых минералов. Главнейшие глинообразующие минералы и их термографические характеристики. Особенности тонкого кристаллического строения сырья и влияние его на технологические характеристики керамических масс. Свойства глин – водозатворение, пластичность, тиксотропия, связующая способность, огнеупорность, спекаемость, интервал спекшегося состояния, механические и термические свойства. Теория пластичности глин. Отношение каолинита к нагреванию. Кварцевый песок и кварцсодержащие породы, их технические характеристики, применение. Карбонатное сырье. Природные карбонаты (мел, мрамор, доломит, магнезит) и их назначение. Отношение к нагреванию. Полевые шпаты, пегматиты, их заменители. Заменители полевошпатового сырья.

2.5.2 Проектирование и формование заготовок. Временные технологические связки и ПАВ. Методы контроля качества формовочного полуфабриката. Основные виды формовочного полуфабриката и способы их изготовления (пластичная масса, пресс-порошки, шликеры). Пластическое формование и экструзия тонких пленок. Шликерное литье. Физико-химические основы литья в пористые формы. Сравнительная оценка эффективности гипсовых, полимерных, керамических и пористых металлических форм

2.5.3 Теоретические основы сушки керамических заготовок. Параметры сушильного процесса – температура, относительная влажность, скорость движения теплоносителя. Внешняя и внутренняя диффузия влаги и способы их регулирования. Распространение влаги в сырце при сушке. Скорость сушки, способы ее регулирования. Виды брака при сушке и способы его устранения. Основные типы сушильных агрегатов.

2.5.4 Теоретические основы обжига керамики. Теория спекания различных типов керамических масс. Физико-химические процессы при спекании грубой керамики и фарфора. Изменение фазового состава при спекании. Основные положения теории спекания керамических масс с участием и без участия жидкой фазы. Влияние технологических факторов на процессы спекания. Основные технологические приемы регулирования скорости спекания.

## 2.6 Вяжущие материалы

2.6.1 Классификация. Виды классификации: по условиям применения, по способу твердения, по составу вяжущего, по способу синтеза вяжущего вещества. Термодинамика системы. Взаимосвязь размера и состава частиц. Зависимость энергии от размера и состава частиц.

2.6.2 Гидравлические вяжущие вещества. Технология получения, свойства. Портландцемент. Фазовый и минералогический состав клинкера. Модульные характеристики портландцементного клинкера, химический состав клинкера. Природное и техногенное сырье для производства портландцемента. Вещественный состав портландцемента, активные минеральные добавки, наполнители. Основные технологические синтеза портландцементного клинкера. Стандарты на портландцемент. Марки и классы прочности портландцемента. Твердение портландцемента.

2.6.3 Глиноземистый цемент. Фазовый состав. Сырье, технологические особенности синтеза. Твердение глиноземистого цемента. Свойства и области применения глиноземистого цемента.

2.6.4. Современные материалы на основе общестроительных и специальных цементов. Бетоны и растворы. Области применения. Модифицирующие добавки для бетонов: состав, характер действия. Сухие строительные смеси на основе портландцемента, виды, области применения. Методы испытания бетонов и растворов.

2.7 Высокоплавкие и огнеупорные материалы.

2.7.1 Классификация огнеупоров по общим и специальным признакам. Краткая характеристика типов и групп огнеупоров, классифицируемых по химико-минеральному составу. Главнейшие свойства огнеупорных изделий и материалов. Огнеупорность. Факторы, влияющие на огнеупорность. Метод определения огнеупорности. Температура деформации под нагрузкой. Факторы, влияющие на величину деформации сжатия. Термостойкость. Методы измерения и оценки. Определение термостойкости изделий. Влияние фазового состава, текстуры, геометрии изделий и внешних факторов на термостойкость огнеупорных изделий. Коррозионная и эрозионная устойчивость. Основные механизмы износа огнеупоров. Основные факторы, оказывающие влияние на устойчивость огнеупоров в условиях воздействия агрессивных сред.

2.7.2 Сырьевые материалы и основы технологии огнеупорных материалов и изделий. Сырьевые материалы для производства огнеупоров. Принципы построения технологического процесса подготовки сырья и производства изделий. Процессы, протекающие на отдельных стадиях переработки. Основные виды технологического оборудования.

2.7.3 Проектирование дианасовых, алюмосиликатных и магнезиальношпинелидных огнеупоров. Кремнеземистые огнеупоры. Способы проектирования структуры дианасовых огнеупоров. Технология изготовления и свойства дианасовых огнеупоров. Технология производства алюмосиликатных огнеупоров. Сырье для получения шамотных порошков и технология их получения. Технология производства шамотных изделий. Сырье и технология производства высокоглиноземистых огнеупоров. Свойства и области применения алюмосиликатных огнеупоров. Основы технологии глиноземистых огнеупоров. Технология высокомагнезиальных и магнезиальношпинелидных огнеупоров. Сырьевые материалы и их термообработка. Принципиальная технологическая схема изготовления изделий. Процессы, протекающие при термообработке изделий. Свойства изделий и возможности их применения в футеровках тепловых агрегатов.

2.7.4 Способы проектирования плавленолитых огнеупоров, теплоизоляционных материалов и изделий и их технические характеристики

Способы проектирования плавленолитых высокоглиноземистых и бадделеитокорундовых огнеупоров и их технические характеристики. Теплоизоляционные материалы и изделия. Способы получения пористой структуры. Эффективность применения теплоизоляции. Особенности технологии и области применения оксидных и бескислородных огнеупоров. Применение огнеупоров в стекловаренных печах, печах для обжига керамики и цементного клинкера

### 3 Вопросы к вступительному экзамену

1. Кремний, его электронное строение, химические и физико-химические свойства.
2. Важнейшие несиликатные соединения кремния – карбид, нитрид, силан, хлорпроизводные – их получение и свойства.
3. Представления об изоморфизме. Изоморфное замещение кремния алюминием при образовании алюмосиликатных структур.
4. Типы цепочечных и ленточных силикатных мотивов. Важнейшие представители цепочечных и ленточных силикатов.
5. Области стабильного и метастабильного существования полиморфов кремнезема. Особенности полиморфных переходов. Значение полиморфных модификаций кремнезема в технических приложениях.

6. Двухкомпонентная система  $MgO-SiO_2$ . Строение и свойства силикатов магния. Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики.
7. Двухкомпонентная система  $CaO-SiO_2$ . Структура силикатов кальция и их свойства. Значение диаграммы в технологии портландского цемента.
8. Значение диаграммы в технологии алюминатных (глиноземистых и высокоглиноземистых) и портландских цементов.
9. Трехкомпонентная система  $MgO-SiO_2-Al_2O_3$ . Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики. Тройные соединения в системе  $MgO-SiO_2-Al_2O_3$ . Их свойства, техническое значение.
10. Взаимодействие силикатов кальция с водой и образуемые продукты.
11. Твердофазные реакции силикатообразования. Виды дефектов структуры.
12. Точечные дефекты, их энергия образования и содержание в кристаллической структуре; влияние температуры.
13. Физико-химические основы спекательных процессов. Движущая сила спекательных процессов.
14. Твердофазное и жидкофазное спекание. Стадии твердофазного спекания.
15. Механизмы переноса вещества при спекании.
16. Процесс укрупнения частиц в процессе твердофазного и жидкофазного спекания. Механизмы переосаждения вещества. Зависимость давления насыщенного пара от размера частиц. Формула Томсона-Кельвина.
17. Ступенчатость твердофазных реакций силикатообразования. Основные закономерности, влияющие на последовательность образования силикатов.
18. Диаграмма состояния  $Na_2O-SiO_2$ . Область стеклообразования в системе  $Na_2O-SiO_2$ . Свойства стеклообразных силикатов натрия и калия.
19. Силикатные растворы (жидкие стекла), их свойства и значение.
20. Процессы полимеризации и деполимеризации в жидких стеклах. Способы ускорения процессов полимеризации в жидких стеклах. Вяжущие свойства и пленкообразование.
21. Слоистые силикаты и алюмосиликаты. Основные представители, их физико-химические свойства.
22. Глины. Их фазово-минералогический состав, свойства, техническое значение. Мономинеральные и полиминеральные глины.
23. Минералы каолинит и монтмориллонит, их строение и состав. Свойства мономинеральных глин и их применения.
24. Кремнийорганические соединения – строение, свойства, практическое значение и способы получения.
25. Полиорганосилоксаны, кремнийорганические жидкости и смолы.
26. Образование связей  $Si-O$  и  $Si-O-Si$  и причины их высокой устойчивости.
27. Виды кристаллических силикатных структур – островные, цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные силикаты.
28. Координационное состояние кремния и алюминия в силикатах и алюмосиликатах. Применение правил Полинга к силикатным и алюмосиликатным структурам.
29. Диаграмма состояния  $SiO_2$ . Полиморфизм кристаллического кремнезема.
30. Двухкомпонентная система  $Al_2O_3-SiO_2$ . Значение диаграммы в технологии керамики и огнеупоров. Муллит. Свойства, способы получения, промышленное значение.
31. Двухкомпонентная система  $MgO-Al_2O_3$ . Алюмомагниева шпинель. Структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии огнеупоров и керамики.
32. Двухкомпонентная система  $CaO-Al_2O_3$ . Структура алюминатов кальция, их свойства.
33. Трехкомпонентная система  $CaO-MgO-SiO_2$ . Тройные соединения в системе  $CaO-MgO-SiO_2$ . Значение диаграммы в промышленности высокотемпературных процессов. Их свойства, техническое значение.

34. Трехкомпонентная система  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ . Тройные соединения в системе  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии стекла. Их свойства, техническое значение.
35. Трехкомпонентная система  $\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ . Значение диаграммы в технологии керамики.
36. Трехкомпонентная система  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ . Тройные соединения в системе  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ . Их структура, свойства, техническое значение. Значение диаграммы в технологии порландского и алюминатных цементов, керамики и огнеупоров.
37. Области составов техногенных продуктов, лежащие в поле диаграммы  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$  (золы, шлаки).
38. Четырехкомпонентная система  $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Значение диаграммы в технологии порландского цемента. Понятие коэффициента насыщения (КН).
39. Образование минералов порландцементного клинкера в процессе спекания (клинкeroобразование). Последовательность физико-химических превращений при клинкeroобразовании.
40. Фазы порландцементного клинкера. Их структура, свойства, взаимодействие с водой.
41. Взаимодействие алюминатов кальция с водой и образуемые продукты. Области применения алюминатных цементов.
42. Диффузионный перенос вещества посредством точечных дефектов структуры как механизм твердофазных превращений. Виды диффузии. Влияние температуры на скорость диффузии.
43. Причины развития усадочных процессов.
44. Жидкофазное спекание. Роль жидкости в процессах спекания и химических превращениях, сопровождающих спекание. Явление смачивания и формула Лапласа.
45. Механизмы переосаждения вещества. Зависимость растворимости частиц от их размера.
46. Кинетика твердофазных превращений. Образование продукта твердофазной реакции на границе раздела фаз. Уравнение кинетики твердофазных реакций.
47. Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Расчет теплоты образования соединений, плавления, кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений.
48. Второй закон термодинамики. Свободная энергия Гиббса.
49. Особенности растворения стеклообразных силикатов натрия и калия (водорастворимых стекол) в воде.
50. Полимерное состояние силикат-ионов в водных силикатных растворах.
51. Характеристики жидких стекол – силикатный модуль, концентрация, плотность, вязкость.
52. Высокодисперсное состояние кремнезема. Формы высокодисперсного кремнезема. Характеристики частиц кремнезема – плотность, дисперсность, удельная поверхность.
53. Образование нанодисперсных частиц кремнезема и способы их агрегации в водных средах. Схема Айлера. Золи, гели, порошки кремнезема – условия их формирования, структура и свойства.
54. Образование частиц кремнезема из газовой фазы – пирогенный кремнезем
55. (аэросил), микрокремнезем. Их промышленное значение.
56. Строение слоистых силикатов и алюмосиликатов. Классификация. Диоктаэдрические и триоктаэдрические структуры 1:1, 2:1. Образование двух- и трехслойных пакетов, стехиометрия.
57. Термическая деструкция каолинита. Значение продуктов деструкции для техники и промышленности. Метакаолин – состав, свойства, применение.
58. Гидросиликаты магния – тальк и асбест. Структура, свойства, техническое значение.
59. Слюды - структура, свойства, техническое значение.
60. Гидрослюды. Структура, свойства, техническое значение. Вермикулит и его применение. Керамзит. Глауконит – структура, свойства, применение.

61. Особенности структуры каркасных силикатов и алюмосиликатов. Каркасные силикаты и алюмосиликаты, имеющие промышленное значение. Синтетические алюмосиликаты.

62. Спектральные методы анализа ТНиСМ. Возможности атомной и молекулярной спектроскопии

63. Дифракционные методы анализа в технологии ТНиСМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ.

64. Спектроскопия ЯМР в исследовании силикатных и алюмосиликатных материалов. Принцип и возможности метода.

65. Электронная микроскопия, ее возможности электронной микроскопии в исследовании ТНиСМ.

66. Лазерно-гранулометрический анализ в установлении дисперсности частиц ТНиСМ.

#### 4. Рекомендуемая литература

##### а) печатные издания:

1. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : учеб. пособие для вузов / А. П. Зубехин [и др.]. – Москва: Картэк, 2010. –307 с. - ISBN 978-5-9901582-2-1

2. 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

3. Федоров, Н.Ф. Лабораторный практикум по физической химии силикатов: учеб. пособие: в 3ч. / Н.Ф.Федоров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Каф. хим. технологии материалов и изделий электронной техники, Каф. технологии стекла и общ. технологии силикатов. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб., 2009 – 2010. Ч. 1: Состояние вещества. – 2009. – 219 с. Ч.2 Фазовые равновесия в силикатных и оксидных системах, Ч. 3. Физико-химические основы синтеза силикатов и оксидов. – 2010. – 91 с.

4. Суворов, С.А. Расчетные методы определения фазового состава высокотемпературных систем. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.Н. Фищев, Н.В. Арбузова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 37 с.

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

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

7. Вихман, С.В. Физико-химические основы технологии наноструктурированных конструкционных керамических материалов : методические указания к лабораторным работам / С. В. Вихман, О. А. Кожевников. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический

университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 47 с.

8. Брыков, А.С. Химия силикатных и кремнеземсодержащих вяжущих материалов : учебное пособие / А.С. Брыков. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии строительных и специальных вяжущих веществ. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2011. – 144 с.

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

10. Новые огнеупоры : Научно-технический и производственный журнал. - Москва : Интернет Инжиниринг. - ISSN 1683-4518

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

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

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

#### **б) электронные издания**

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

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

16. Жабрев В.А. Расчет свойств силикатных стекол : учебное пособие / В. А. Жабрев, С. В. Чуппина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. - Электрон. текстовые дан. – СПбГТИ(ТУ), 2015. - 70 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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

18. Спектральные методы анализа. Практическое руководство : учебное пособие / В. И. Васильева [и др.] ; Под ред.: В. Ф. Селеменова и В. Н. Семенова. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2021. – 413 с. – ISBN 978-5-8114-1638-7 // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: по подписке.

19. Пантелеев, И. Б. Методы математического планирования эксперимента в технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, С. В. Вихман. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 71 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

20. 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. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

21. 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. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 12.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

22. Козлов, В. В. Методы синтеза нанопорошков и наноструктур: методические указания / 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), 2014. – 16 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. Пользователей.

23. Медведева, И. Н. Гармонизованные с европейскими нормами стандарты на цементы : учебное пособие // И.Н. Медведева, В.И. Корнеев, Е.Ю. Алешунина. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии строительных и специальных вяжущих веществ. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 35 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

24. Орданьян, С. С. Теоретические основы управляемого спекания наноструктурных материалов : учебное пособие / С.С. Орданьян, И.Б. Пантелеев. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 33 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

25. Орданьян, С. С. Технология наноструктурированных керамических материалов. Новые керамические инструментальные материалы : учебное пособие / С.С. Орданьян,

И.Б. Пантелеев. – Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра химической технологии тонкой технической керамики. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2014. – 86 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.01.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных Пользователей

## **5. Методические указания по подготовке к вступительному экзамену**

При подготовке к вступительному экзамену поступающим в аспирантуру лучше всего ориентироваться на лекции, прочитанные преподавателями кафедры по дисциплине «Физическая химия». Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дополнять сведениями из литературных источников, представленных в "Рабочей программе". По каждой из тем, приведенных в рабочей программе дисциплины «Физическая химия», следует сначала прочитать рекомендованную литературу и, при необходимости, составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов и обучающих программ, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

Например, рекомендуется использование следующих сайтов:

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета – <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека – [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека – [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук – [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН – [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) – [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека – [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – [elibrary.ru](http://elibrary.ru)