

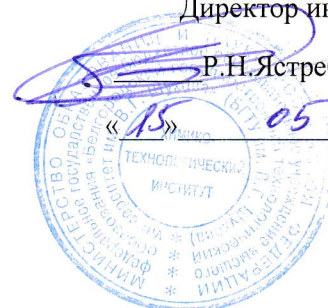
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Утверждаю

Директор института

Р.Н.Ястребинский

«15» 05 2021г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины (модуля)

Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

направление подготовки (специальность):

18.03.01 Химическая технология

Направленность программы (профиль, специализация):

Химическая технология стекла и керамики

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

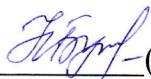
Институт **Химико-технологический**

Кафедра **Технологии стекла и керамики**

Белгород 2021


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утвержденный приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 922 от 7 августа 2020 г. и приказа об изменении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 83 от 8 февраля 2021 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): канд.техн.наук, доцент  (Н.П.Бушуева)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ТСК

«17» мая 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: канд.техн.наук, доцент  (Дороганов В.А.)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ТСК

Заведующий кафедрой:  (Дороганов В.А.)

« 17 » 05 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией ХТИ

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель канд.техн.наук, доцент  (Л.А.Порожнюк)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Естественн о- научная подготовка	ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.	ОПК-1.8 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, определяет строение и свойства силикатных и других тугоплавких соединений, оценивает сущность высокотемпературных процессов синтеза материалов, определяет состояние равновесия систем, свойства материалов в зависимости от химического и фазового состава, строения и условий эксплуатации.	<p>Знать: основные законы естественнонаучных дисциплин; строение и свойства силикатов и других тугоплавких соединений в различных агрегатных состояниях; сущность высокотемпературных процессов синтеза силикатных материалов; правила работы с диаграммами состояния гетерогенных систем</p> <p>Уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин; определять строение и свойства силикатов и других тугоплавких соединений в различных агрегатных состояниях; исследовать высокотемпературные процессы; определять состояние равновесия с помощью диаграмм состояния гетерогенных систем</p> <p>Владеть: методами исследования структуры веществ, физико-химических процессов синтеза; методиками получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных систем</p>
Научно-исследовательский	ПК-1. Способен проводить исследования сырьевых материалов,	ПК-1.1 Использует методы физико-химического анализа для исследования материалов, проводит	<p>Знать: методики исследования физико-химических свойств материалов</p> <p>Уметь: использовать методы физико-химического анализа;</p>

	<p>опытных партий образцов, анализировать их характеристики, осуществлять поиск, обработку и анализ специализированной литературы для разработки мероприятий по совершенствованию технологических процессов и повышению качества готовых изделий.</p>	<p>синтез новых материалов с требуемыми свойствами, определяя состав и условия протекания процессов; работает с учебной и научной литературой.</p>	<p>проводить направленный синтез материалов с требуемыми свойствами, определяя оптимальные условия процесса; применять диаграммы состояния гетерогенных систем для подбора составов и прогнозирования свойств материалов; использовать учебную и научную литературу Владеть: методами физико-химического анализа для оценки химического и фазового состава вещества; методиками расчета свойств материалов</p>
--	---	--	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ОПК-1

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Общая неорганическая химия
2	Органическая химия
3	Физическая химия
4	Коллоидная химия
5	Минералогия и кристаллография
6	Учебная ознакомительная практика

2. Компетенция ПК-1

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Научно-исследовательская работа
2	Минералогия и кристаллография
3	Компьютерная обработка данных
4	Химическая технология керамики и огнеупоров
5	Химическая технология стекла и стеклокристаллических материалов
6	Контроль производства и качества стекла и керамики
7	Технология неорганических покрытий
8	Теоретические основы материаловедения
9	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зач. единиц, 324 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы ²	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	324	324
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	143	143
лекции	51	51
лабораторные	68	68
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³	7	7
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	181	181
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	109	109
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на
1. Предмет и содержание курса физической химии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Значение ФХТН и СМ для технологий производства стекла и керамических материалов.					
	Знакомство с содержанием курса, его основных разделов и значение ФХТН и СМ для силикатных технологий.	2			1
2. Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в кристаллическом состоянии					
	<p>Кристаллохимические принципы строения веществ в конденсированном состоянии; особенности кристаллического состояния материалов. Природа химической связи в них.</p> <p>Связь Si-O, Si-O-Si, строение тетраэдрической группы $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Классификация силикатов по способу сочленения кремнекислородных тетраэдров. Вторая глава кристаллохимии силикатов.</p> <p>Структура простых и сложных оксидов металлов.</p> <p>Структура боридов, карбидов, нитридов и силицидов.</p> <p>Полиморфизм, разновидности. Фазовые переходы первого и второго рода. Факторы, влияющие на процесс полиморфного превращения.</p> <p>Дефекты кристаллической решетки. Классификация.</p> <p>Твердые растворы, дефекты нестехиометрии.</p> <p>Одномерные дефекты.</p> <p>Тепловые дефекты по Френкелю и Шоттки.</p> <p>Влияние дефектов на свойства кристаллов.</p>	12		8	14
3. Расплавы тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.					
	Процесс плавления. Строение жидкостей и расплавов тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Свойства расплавов (вязкость, поверхностное натяжение, смачивающаяся	2		4	5

	способность). Роль расплавов в технологии материалов.				
4. Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в стеклообразном состоянии					
	Процессы стеклования. Физико-химические особенности стеклообразного состояния. Теории строения стекол. Условия образования. Технологические свойства стекол.	2	2	8	11
5. Высокодисперсное состояние силикатов					
	Электрокинетические явления высокодисперсных силикатных систем. Двойной электрический слой, электрокинетический потенциал. Мицелла. Строение коллоидных форм кремнезема, гелей кремниевой кислоты. Коагуляция, пептизация. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.	2		4	5
6. Высокотемпературные процессы синтеза силикатных и других тугоплавких неметаллических материалов					
	Процессы диссоциации и дегидратации сырьевых материалов. Твердофазовые реакции. Механизм и особенности реакций в твердом состоянии. Описание кинетики твердофазовых реакций с помощью различных моделей. Факторы, влияющие на скорость твердофазовых реакций. Спекание. Виды спекания, сущность процесса. Механизм; кинетика процесса; факторы, влияющие на процесс спекания. Кристаллизация расплавов. Гомогенное и гетерогенное образование центров кристаллизации. Рост кристаллов. Процесс рекристаллизации. Первичная и вторичная рекристаллизация.	12	2	24	32
7. Фазовые равновесия и диаграммы состояния гетерогенных систем					
	Однокомпонентные системы и их диаграммы состояния. Система SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO . Двухкомпонентные системы, их диаграммы состояния, правила работы с ними. Характеристика соединений, твердых растворов, присутствующих в системах CaO-SiO_2 ; $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$, $\text{K}_2\text{O-SiO}_2$, MgO-SiO_2 , $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$. Трехкомпонентные силикатные системы, их диаграммы состояния, правила работы с ними. Характеристика соединений, твердых растворов, присутствующих в системах $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$, $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, MgO-CaO-SiO_2 .	19	13	20	41
	ВСЕГО	51	17	68	109

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ⁵
семестр №_5_				
1	Высокотемпературные процессы синтеза силикатных и других тугоплавких неметаллических материалов	1. Расчет константы скорости твердофазовых реакций 2. Расчет константы скорости и энергии активации процессов спекания	2	2
2	Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в стеклообразном состоянии	1. Расчет свойств стекол по химическому составу	2	2
3	Фазовые равновесия и диаграммы состояния гетерогенных систем	1. Определение последовательности изменения равновесий в двухкомпонентных системах; расчеты количественного соотношения равновесных фаз.	4	4
		2. Расчетные методы построения кривых ликвидуса.	2	2
		3. Определение последовательности изменения равновесий в трехкомпонентных системах и расчеты количественного соотношения равновесных фаз.	7	7
ИТОГО:			17	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ⁶
семестр № 5				
1	Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в кристаллическом состоянии	1. Определение скорости перерождения и степени тридимитизации кварцитов в процессе обжига.	8	8
2	Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в стеклообразном состоянии	1. Определение вязкости стекла по методу растяжения стеклянного образца.	4	4
		2. Определение коэффициентов линейного и объемного термического расширения стекла.	4	4
3	Расплавы тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.	1. Исследование склонности расплавов к кристаллизации или стеклообразованию	4	4
4	Высокодисперсное состояние силикатов	1. Влияние электролитов и поверхностно-активных веществ (ПАВ) на структурно-механические свойства суспензий.	4	4
5	Высокотемпературные процессы синтеза силикатных и других тугоплавких неметаллических материалов	1. Кинетика реакций в твердом состоянии, протекающих при синтезе силикатных материалов.	4	4
		2. Кинетика спекания смесей на основе стекла.	12	12
		3. Определение фазового состава глинистого сырья	12	12
6	Фазовые равновесия и диаграммы состояния гетерогенных систем	1. Изучение системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе.	4	4
		2. Синтез материала.	12	12
ИТОГО:			68	68

4.4. Содержание курсовой работы

Курсовая работа выполняется на тему «Расчет фазовых равновесий в гетерогенной силикатной системе» (используется конкретная реальная система $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ или $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, или $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{SiO}_2$, или $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, детальное изучение которых предусмотрено при изложении курса).

Целью работы является, научить студента, используя диаграмму состояния реальной системы, решать целый ряд сложных и важных практических проблем, связанных с получением разнообразных веществ с различным сочетанием свойств; обладать возможностью объяснить и усовершенствовать процессы, протекающие при образовании данного материала, установить и объяснить влияние фазового состава для получения материалов с заранее заданными свойствами.

Пояснительная записка содержит разделы: введение, краткое описание системы, определение расположения точки исходного состава расплава (смеси), описание последовательности изменений фазовых равновесий при охлаждении расплава исходного состава (нагревании смеси), количественные расчеты по диаграмме состояния, термодинамический расчет или расчет свойств стекла по химическому составу.

Объем работы составляет 20-25 страниц.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание для выполнения курсовой работы.

Примеры заданий

Пример 1.

Точка исходного состава расплава находится в фазовом элементарном треугольнике $\Delta \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 - \text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ и содержание Al_2O_3 равно 80%. Определить по диаграмме состояния трехкомпонентной системы $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ состав исходного расплава.

Выполнить работу по диаграмме состояния:

1. Описать трехкомпонентную систему;
2. Определить расположение точки исходного состава расплава на диаграмме состояния трехкомпонентной системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$;
3. Определить последовательность фазовых превращений в изучаемой системе $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$;
4. Дать схему изменений фазовых равновесий.
5. Выполнить количественные расчеты:
 - 5.1. Определить температуру, при которой количество расплава будет равно 90%. Указать его состав и состав равновесной твердой фазы.
 - 5.2. Определить составы и соотношение равновесных фаз при температуре, когда по пути кристаллизации появляется третья фаза нового состава.
 - 5.3. Определить температуру, при которой количество расплава будет относиться к количеству кристаллов как 1:2 (33,3:66,7).
 - 5.4. Определить составы и соотношение равновесных фаз в момент достижения конечной температуры кристаллизации, но до начала процесса.
 - 5.5. Определить состав продукта полной кристаллизации (когда количество расплава равно 0%).
6. Термодинамический расчет.

Определить устойчивость $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ в температурном интервале 1000-2000K (через 200°).

Пример 2.

Химический состав стеклоблоков (архитектурно-строительное стекло) следующий, мас. %: SiO_2 72,1; Al_2O_3 1,3; Fe_2O_3 0,08; CaO 7,0; MgO 3,0; Na_2O 15,0. Используя метод эквимольной замены, привести состав стекла к трехкомпонентному (система $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$).

Выполнить работу по диаграмме состояния:

1. Описать трехкомпонентную систему;
2. Определить расположение точки исходного состава расплава на диаграмме состояния трехкомпонентной системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$;
3. Определить последовательность фазовых превращений в изучаемой системе.
4. Дать схему изменений фазовых равновесий.
5. Выполнить количественные расчеты:
 - 5.1. Определить температуру, при которой количество расплава будет равно 90%. Указать его состав и состав равновесной твердой фазы.
 - 5.2. Определить составы и соотношение равновесных фаз при температуре, когда по пути кристаллизации появляется третья фаза нового состава.
 - 5.3. Определить температуру, при которой количество расплава будет относиться к количеству кристаллов как 1:2 (33,3:66,7).
 - 5.4. Определить составы и соотношение равновесных фаз в момент достижения конечной температуры кристаллизации, но до начала процесса.
 - 5.5. Определить состав продукта полной кристаллизации (когда количество расплава равно 0%).
6. Рассчитать свойства стекол по химическому составу (плотность ρ , показатель преломления n_D , среднюю дисперсию Δn , термический коэффициент линейного расширения ТКЛР α , модуль упругости E , модуль сдвига G , диэлектрическую проницаемость ϵ , поверхностное натяжение σ) по методу Аппена.

(Выделенным шрифтом указано индивидуальное задание, невыделенным – пункты задания для всех вариантов).

В процессе выполнения курсовой работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁷

Не предусмотрено учебным планом.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

- 1. Компетенция _ОПК-1.** Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.8 Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, определяет строение и свойства силикатных и других тугоплавких соединений, оценивает сущность высокотемпературных процессов синтеза материалов, определяет состояние равновесия систем, свойства материалов в зависимости от химического и фазового состава, строения и условий эксплуатации.	Экзамен, дифференцированный зачет при защите курсовой работы, защита лабораторных работ.

- 2. Компетенция ПК-1.** Способен проводить исследования сырьевых материалов, опытных партий образцов, анализировать их характеристики, осуществлять поиск, обработку и анализ специализированной литературы для разработки мероприятий по совершенствованию технологических процессов и повышению качества готовых изделий.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.1 Использует методы физико-химического анализа для исследования материалов, проводит синтез новых материалов с требуемыми свойствами, определяя состав и условия протекания процессов; работает с учебной и научной литературой.	Экзамен, дифференцированный зачет при защите курсовой работы, защита лабораторных работ.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
2	Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в кристаллическом состоянии	<ol style="list-style-type: none">1. Кристаллохимические принципы строения веществ в конденсированном состоянии.2. Природа химической связи. Разновидности.3. Связь Si-O, Si-O-Si.4. Строение тетраэдрической группы $[\text{SiO}_4]^{4-}$.5. Классификация силикатов по способу сочленения кремнекислородных тетраэдров.6. Структура простых и сложных оксидов металлов.7. Структура боридов, карбидов, нитридов и силицидов.8. Нульмерные и одномерные дефекты в решетках кристаллов, их влияние на свойства веществ.9. Твердые растворы замещения. Совершенный и несовершенный изоморфизм. Условия образования.10. Твердые растворы внедрения. Условия образования.11. Дефекты нестехиометрии. Влияние их на свойства кристаллических тел.12. Тепловые дефекты по Шоттки и Френкелю.13. Краевая и винтовая дислокация в кристаллической решетке вещества.14. Полиморфизм, разновидности.15. Факторы, влияющие на процесс полиморфного превращения.
3	Расплавы тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.	<ol style="list-style-type: none">1. Процесс плавления.2. Строение жидкостей.3. Строение расплавов тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.4. Свойства расплавов (вязкость, поверхностное натяжение, смачивающая способность).
4	Тугоплавкие неметаллические и силикатные материалы в стеклообразном состоянии	<ol style="list-style-type: none">1. Процесс стеклования.2. Физико-химические особенности стеклообразного состояния.3. Теории строения стекол.4. Условия образования стекол.5. Свойства стекол (вязкость и кристаллизационная способность).

5	Высокодисперсное состояние силикатов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электрокинетические явления высокодисперсных силикатных систем. 2. Двойной электрический слой, электрокинетический потенциал. 3. Мицелла. Мицеллярные формулы. 4. Строение коллоидных форм кремнезема, гелей кремниевых кислоты. 5. Коагуляция, пептизация. 6. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. 7. Поверхностно-активные вещества.
6	Высокотемпературные процессы синтеза силикатных и других тугоплавких неметаллических материалов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Виды и роль воды в минералах. 2. Процесс дегидратации минералов в сырьевых материалах. 3. Процессы диссоциации минералов в сырьевых материалах. 4. Твердофазовые реакции. 5. Роль диффузии в процессе взаимодействия веществ в твердой фазе. 6. Механизм диффузии в кристаллической решетке вещества. 7. Механизм и особенности реакций в твердом состоянии. 8. Описание кинетики твердофазовых реакций с помощью различных моделей. 9. Факторы, влияющие на скорость твердофазовых реакций. 10. Спекание. Виды спекания, сущность процесса. 11. Твердофазовое спекание. Механизм; кинетика процесса. 12. Жидкостное спекание. Механизм; кинетика процесса. 13. Спекание за счет испарения – конденсации. 14. Реакционное спекание. 15. Кристаллизация расплавов и стекол. 16. Гомогенное и гетерогенное образование центров кристаллизации. 17. Рост кристаллов. 18. Практическое значение кристаллизации расплавов и стекол. 19. Процесс рекристаллизации. 20. Первичная и вторичная рекристаллизация.
7	Фазовые равновесия и диаграммы состояния гетерогенных систем	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия учения о фазовых равновесиях. 2. Однокомпонентная система с энантиотропными превращениями и диаграмма ее состояния. 3. Однокомпонентная система с монотропными превращениями и диаграмма ее состояния. 4. Система SiO_2. 5. Система Al_2O_3. 6. Система CaO, MgO.

		<p>7. Двухкомпонентные системы, их диаграммы состояния, правила работы с ними.</p> <p>8. Характеристика соединений, твердых растворов, присутствующих в системе CaO-SiO₂ (Al₂O₃-SiO₂, Na₂O-SiO₂, K₂O-SiO₂, MgO-SiO₂, MgO-Al₂O₃). Практическое значение диаграммы состояния.</p> <p>9. Трехкомпонентные силикатные системы, их диаграммы состояния, правила работы с ними.</p> <p>10. Характеристика соединений, твердых растворов, присутствующих в системе Na₂O-CaO-SiO₂ (CaO-Al₂O₃-SiO₂, MgO-Al₂O₃-SiO₂, Na₂O-Al₂O₃-SiO₂, MgO-CaO-SiO₂). Практическое значение диаграммы состояния.</p>
--	--	---

Типовой вариант экзаменационного билета

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. Шухова

Кафедра технологии стекла и керамики

Дисциплина: Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Направление: 18.03.01 – Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая технология стекла и керамики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

1. Твердые растворы замещения. Совершенный и несовершенный изоморфизм. Условия образования.
2. Жидкостное спекание, механизм, кинетика, пути ускорения процесса.
3. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы Na₂O-SiO₂ и ее значение для силикатных технологий.
4. Задача. Расплав при температуре 1400°C находится в равновесии в количестве 15% с кристаллами кордиерита 2MgO·2Al₂O₃·5SiO₂ и шпинели MgO·Al₂O₃, соотношение которых 1:2. Определить состав исходного расплава (система MgO-Al₂O₃-SiO₂).

Одобрено на заседании кафедры « _____ » _____ 20__ г. Протокол № _____

Зав. кафедрой _____ В.А.Дороганов

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

При защите курсовой работы могут быть предложены вопросы, например, с использованием диаграммы состояния системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$:

1. Дать подробную характеристику соединению $MgO \cdot SiO_2$ (строение, характер плавления, наличие полиморфизма, изоморфизма, в каких технических продуктах содержится);
2. Рассмотреть пограничную кривую, разделяющую поля кристаллизации шпинели и сапфирина (найти ее; определить, какая пограничная кривая; определить характер процесса, протекающего на ней);
3. Найти тройную точку, где сходятся поля кристаллизации шпинели $MgO \cdot Al_2O_3$, кордиерита $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ и форстерита $2MgO \cdot SiO_2$; определить какая она по направлению падения температур по пограничным, которые сходятся в ней; определить какой процесс протекает в ней и рассмотреть все случаи нарушения равновесия;
4. Задача (с использованием количественного определения равновесных фаз в заданных условиях).

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра при выполнении лабораторных работ.

В пособии, предназначенном для выполнения лабораторных работ, представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, приведены понятия, определения и основные теоретические сведения по данной теме, а также методики выполнения лабораторных работ.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования (устного опроса) преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

Примерный перечень контрольных вопросов для собеседования

№	Тема лабораторной работы	Примерные контрольные вопросы
1.	Определение скорости перерождения и степени тридимитизации кварцитов в процессе обжига.	<ol style="list-style-type: none">1. Полиморфизм, разновидности (привести конкретные примеры).2. Фазовые переходы первого и второго рода.3. Структурные изменения кристаллической решетки при полиморфизме. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.4. Факторы, влияющие на скорость полиморфизма.5. Схема фазовых превращений в системе SiO_2.

		6. Отклонения от равновесных состояний в системе SiO ₂ .
2.	Влияние электролитов и поверхностно-активных веществ на структурно-механические свойства суспензий	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электрокинетические явления в высокодисперсных системах, причины их образования. 2. Строение двойного электрического слоя. 3. Строение мицеллы. 4. Мицеллярные формулы. 5. Строение коллоидной частицы SiO₂. 6. Механизм процессов коагуляции и пептизации, способы влияния на эти процессы.
3.	Определение вязкости стекла по методу растяжения стеклянного образца	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физико-химические особенности стеклообразного состояния. 2. Интервал стеклования: границы, значения температуры и вязкости границ интервала для промышленных силикатных стекол. 3. Условия образования оксидных стекол. 4. Теории строения стекол. 5. Вязкость стекла, влияние температуры и состава на вязкость стекла.
4.	Определение коэффициентов линейного и объемного термического расширения стекла.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что представляет собой процесс стеклования? 2. Влияние химического состава на свойства стекол. 3. Интервал стеклования: границы, значения температуры и вязкости границ интервала для промышленных силикатных стекол. 4. Определение интервала стеклования по дилатометрической кривой.
5.	Исследование склонности расплавов к кристаллизации или стеклообразованию	<ol style="list-style-type: none"> 1. Группы оксидов по их способности к стеклообразованию. 2. Роль оксида каждой группы в структуре стекла. 3. Кристаллизация расплавов. 4. Кривые Таммана. Значение температурных границ интервала кристаллизации для управления процессом.
6.	Изучение системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое система, фаза, компонент, число компонентов, параметры системы, степень свободы, число степеней свободы? 2. Правило фаз Гиббса, его значение. 3. Элементы строения двухкомпонентных диаграмм состояния.

		<p>4. Правило рычага, применяемое для выполнения количественных расчетов равновесных фаз.</p> <p>5. Решение практических задач с применением реальных диаграмм состояния.</p> <p>6. Экспериментальный динамический метод определения температуры ликвидуса.</p> <p>7. Экспериментальный статический метод определения температуры ликвидуса.</p> <p>8. Построение кривых охлаждения по заданной диаграмме состояния.</p>
7.	Кинетика реакций в твердом состоянии, протекающих при синтезе силикатных материалов	<p>1. Основные процессы, протекающие при взаимодействии веществ в твердой фазе.</p> <p>2. Роль диффузии при взаимодействии веществ в твердой фазе.</p> <p>3. Виды диффузии, энергия активации процесса, механизм диффузии в кристаллической решетке вещества.</p> <p>4. Характерные особенности твердофазовых реакций.</p> <p>5. Кинетические уравнения Яндера, Гинстлинга-Броунштейна.</p>
8.	Кинетика спекания смесей на основе стекла	<p>1. Что представляет собой процесс спекания?</p> <p>2. Показатели оценки степени спекания.</p> <p>3. Виды спекания.</p> <p>4. Твердофазовое спекание: сущность процесса, механизм по Я.И.Френкелю и Б.Я. Пинесу.</p> <p>5. Жидкостное спекание: сущность процесса, механизм.</p> <p>6. Спекание испарение – конденсация: сущность процесса, механизм.</p> <p>7. Реакционное спекание, механизм.</p>
9.	Определение фазового состава глинистого сырья	<p>1. Виды и роль воды в структуре глинистых минералов.</p> <p>2. Процесс дегидратации глинистых минералов.</p> <p>3. Определение фазового состава глинистого сырья методом ДТА.</p> <p>4. Определение фазового состава глинистого сырья методом РФА.</p>

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета при защите курсовой работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, понятий, определений
	Знание строения и свойств силикатов и других тугоплавких соединений в различных агрегатных состояниях
	Знание сущности высокотемпературных процессов синтеза силикатных материалов
	Знание фазовых равновесий и диаграмм состояния гетерогенных систем
Умения	Уметь использовать современные методы физико-химического анализа для исследования материалов
	Уметь проводить направленный синтез новых материалов с требуемыми свойствами, определяя оптимальные условия процесса
	Уметь использовать методы получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных силикатных систем, необходимых для подбора составов и прогнозирования свойств строительных материалов
Навыки	Владеть навыками определения химического и фазового состава вещества, используя методы физико-химического анализа
	Владеть навыками расчета свойств материалов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю **Знания**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, понятий, определений	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание строения и свойств силикатов и других тугоплавких	Не знает строения и свойств силикатов и других	Знает строение и свойства некоторых силикатов и других	Знает строение и свойства силикатов и других тугоплавких	Знает строение и свойства силикатов и других тугоплавких

соединений в различных агрегатных состояниях	тугоплавких соединений	тугоплавких соединений	соединений, но допускает неточности	соединений, отвечает на дополнительные вопросы
Знание сущности высокотемпературных процессов синтеза силикатных материалов	Не знает сущности высокотемпературных процессов синтеза силикатных материалов	Знает сущность высокотемпературных процессов синтеза, но допускает при изложении материала ошибки и не отвечает на дополнительные вопросы	Знает сущность высокотемпературных процессов синтеза, но неуверенно отвечает на дополнительные вопросы	Знает сущность высокотемпературных процессов синтеза, при изложении материала использует дополнительную литературу, отвечает на дополнительные вопросы
Знание фазовых равновесий и диаграммы состояния гетерогенных систем	Не знает методов определения равновесного состояния системы, не знает элементов строения и правил работы с диаграммами состояния гетерогенных систем	Знает методы определения равновесного состояния системы, знает элементы строения и правила работы с диаграммами состояния гетерогенных систем, но не может применить на практике.	Знает методы определения равновесного состояния системы, знает элементы строения и правила работы с диаграммами состояния гетерогенных систем, может применить на практике, но допускает ошибки.	Знает методы определения равновесного состояния системы, знает элементы строения и правила работы с диаграммами состояния гетерогенных систем, без ошибок может применить на практике.

Оценка сформированности компетенций по показателю **Умения**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь использовать современные методы физико-химического анализа для исследования материалов	Не умеет использовать методы физико-химического анализа для исследования материалов	Умеет использовать некоторые методы физико-химического анализа для исследования материалов	Умеет использовать методы физико-химического анализа для исследования материалов, но допускает неточности	Умеет использовать методы физико-химического анализа для исследования материалов
Уметь проводить направленный синтез новых материалов с	Не умеет составить программу синтеза	Умеет составить программу синтеза	Умеет составить программу синтеза материала,	Умеет составить программу синтеза материала,

требуемыми свойствами, определяя оптимальные условия процесса	материала с требуемыми свойствами и его осуществить	материала с требуемыми свойствами и его осуществить, но допускает ошибки	определить условия, получить и исследовать свойства полученного материала, но не уверенно отвечает на дополнительные вопросы, допуская неточности	определить условия, получить и исследовать свойства полученного материала, уверенно грамотно отвечает на дополнительные вопросы
Уметь использовать методы получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных силикатных систем, необходимых для подбора составов и прогнозирования свойств строительных материалов	Не умеет использовать методы получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных силикатных систем, необходимых для подбора составов и прогнозирования свойств строительных материалов	Умеет использовать методы получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных силикатных систем, необходимых для подбора составов, но не может прогнозировать свойства материалов	Умеет использовать методы получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных силикатных систем, необходимых для подбора составов и прогнозирования свойств материалов, но не отвечает на дополнительные вопросы	Умеет использовать методы получения, построения и расшифровки диаграмм состояния гетерогенных силикатных систем, необходимых для подбора составов и прогнозирования свойств материалов, отвечает на дополнительные вопросы

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками определения химического и фазового состава вещества, используя методы физико-химического анализа	Не владеет навыками определения химического и фазового состава вещества, используя методы физико-химического анализа	Владеет навыками определения химического и фазового состава вещества, используя некоторые методы физико-химического анализа и	Владеет навыками определения химического и фазового состава вещества, используя методы физико-химического анализа и допускает ошибки	Владеет навыками определения химического и фазового состава вещества, используя методы физико-химического анализа, не допуская ошибок

		допускает ошибки		
Владеть навыками расчета свойств материалов	Не владеет навыками расчета свойств материалов	Владеет навыками расчета свойств материалов, но допускает ошибки и не отвечает на дополнительные вопросы	Владеет навыками расчета свойств материалов, но допускает неточности при ответе на дополнительные вопросы	Владеет навыками расчета свойств материалов, уверенно отвечает на дополнительные вопросы, ссылаясь на справочную литературу

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	302 УК2 Учебная лаборатория «Физическая химия силикатов»	Микроскоп МИН-8, ультратермостат ТУРЕ: 657 МТА KUTESZ; водяная баня; микроскоп МБУ-4; весы технические, торсионные и аналитические ВЛКТ-500; муфельная печь; силитовая печь; шахтная печь; сушильный шкаф, установка для термогравиметрического анализа, установка для определения вязкости стекла, ротационный вискозиметр РВ-8; вискозиметр ВМ; вискозиметр «Брукфильд», кварцевый дилатометр ДКВ-1 (подключен к компьютеру для обработки результатов и получения дилатометрической кривой); гидравлический пресс; штангенциркуль, в лаборатории имеются необходимые химическая посуда и химические реактивы.
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий,	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

	консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	
	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Бушуева, Н.П. Физическая химия силикатов: учеб. пособие / Н. П. Бушуева, О. А. Панова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 104 с.

2. Ивлева И.А. Минералогия и кристаллография [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов направления бакалавриата 18.03.01 "Химическая технология" профиль подготовки "Химическая технология вяжущих и композиционных материалов" ; "Химическая технология стекла и керамики" / И. А. Ивлева. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. Режим доступа <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2017062714110588800000658281>.

3. Бушуева Н.П. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Силикаты и другие тугоплавкие соединения в кристаллическом состоянии: учеб. пособие / Н.П. Бушуева, И.А.Ивлева, О.А.Панова, Е.И.Евтушенко – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 184 с.

4. Бушуева Н.П. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» (Физическая химия силикатов) для студентов направления бакалавриата 18.03.01 – Химическая технология: Н.П.Бушуева, Белгород: Изд-во БГТУ. 2018. – 29 с.

5. Кузнецова, Т.В. Физическая химия вязущих материалов: Учеб. для хим.-технол. спец. вузов /Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. – М.: Высшая. школа, 1989. –384с

6. Савельев В.Г., Рабухин А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учебник / В.Г. Савельев, А.И. Рабухин. – М.: ИНФРА, 2004. – 351 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система КнигаФонд	http://WWW.knigafund.ru/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://WWW.iprbookshop.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru/
Научно-техническая библиотека БГТУ им. В.Г.Шухова	http://elib.bstu.ru/

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ⁸

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁹

Протокол № _____ заседания кафедры от «____» _____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ В.А.Дороганов
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО
