

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

 Павленко В.И.

16 апреля 2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Физическая химия силикатов

направление подготовки (специальность):

18.03.02 Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии

Направленность программы (профиль, специализация):

18.03.02.01 Рациональное использование материальных и энергетических
ресурсов в химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

Очная

Институт строительного материаловедения и техносферной безопасности
Кафедра: технологии стекла и керамики

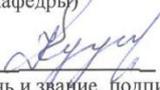
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень бакалавриата), утвержденного 12.03.2015г., № 227

- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель (составители): к.т.н., доцент  (Бушуева Н.П.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Технологии цемента и композиционных материалов
(наименование кафедры)

/ Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (Борисов И.Н.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 14 » апреля 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » апреля 2015 г., протокол № 8

/ Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  (Евтушенко Е.И.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » апреля 2015 г., протокол № 8

Председатель к.т.н., доцент  (Порожнюк Л.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	Способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные законы естественнонаучных дисциплин; методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать основные законы естественнонаучных дисциплин; методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью энерго- и ресурсосбережения; работать с учебной и научной литературой. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основными законами естественнонаучных дисциплин; методами математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Профессиональные			
1	ПК-1	Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: технологическую схему и технологический регламент производства вяжущих и композиционных материалов, технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p> <p>Уметь: проводить основные методы анализа свойств сырья и готовой продукции, промышленных отходов, дать оценку отходам на предмет их использования в технологическом процессе производства вяжущих и композиционных материалов</p> <p>Владеть: методами анализа свойств сырья и готовой продукции, способами (методика) отбора проб контролируемого параметра</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Математика
2.	Информатика
3.	Процессы и аппараты химической технологии
4.	Физико-химические свойства сырьевых материалов и техногенных продуктов

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1.	Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов производства силикатных материалов
2.	Технология производства цемента
3.	Технология вяжущих и композиционных материалов с использованием техногенных продуктов
4.	Методы физико-химических исследований вяжущих и композиционных материалов
5.	Основы научных исследований
6.	Химия вяжущих
7.	Технология композиционных материалов
8.	Контроль качества продукции
9.	Физико-химические свойства вяжущих и композиционных материалов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	68	68
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	-	-
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	112	112
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	РГЗ	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>		58
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Зачет, экзамен	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа
1. Предмет и содержание курса физической химии силикатов. Значение ФХС для силикатных технологий.					
	Знакомство с содержанием курса, его основных разделов и значение ФХС для силикатных технологий.	1			0,5
2. Силикаты в кристаллическом состоянии					

	Кристаллохимические принципы строения веществ в конденсированном состоянии; особенности кристаллического состояния тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, природа химической связи в них. Классификация силикатов. Полиморфизм, разновидности. Дефекты кристаллической решетки. Твердые растворы, дефекты нестехиометрии. Одномерные дефекты. Тепловые дефекты по Френкелю и Шоттки. Влияние дефектов на свойства кристаллов.	9		8	13,5
3. Силикаты в жидком состоянии					
	Процессы плавления. Строение жидкостей и силикатных расплавов. Свойства расплавов.	2		4	5
4. Силикаты в стеклообразном состоянии					
	Процессы стеклования. Физико-химические особенности стеклообразного состояния. Теории строения силикатных стекол. Условия образования. Свойства стекол.	2		4	5
5. Высокодисперсное состояние силикатных материалов					
	Электрокинетические явления в высокодисперсных силикатных системах. Двойной электрический слой, электрокинетический потенциал. Мицелла. Строение коллоидных форм кремнезема, гелей кремниевой кислоты. Коагуляция, пептизация.	2		4	5
6. Высокотемпературные процессы синтеза силикатных 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; факторы, влияющие на процесс спекания. Кристаллизация расплавов. Гомогенное и гетерогенное образование центров кристаллизации. Рост кристаллов. Процесс рекристаллизации. Первичная и вторичная рекристаллизация.	8		8	12
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 $\text{CaO} - \text{SiO}_2$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, $\text{MgO} - \text{SiO}_2$. Трехкомпонентные силикатные системы, их диаграммы состояния, правила работы с ними. Характеристика соединений, твердых растворов, присутствующих в сис-	10		6	17,0

	темах CaO - Al ₂ O ₃ - SiO ₂ , MgO - Al ₂ O ₃ - SiO ₂ , CaO - MgO - SiO ₂ .			
	ВСЕГО	34	34	58

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Учебным планом не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Силикаты в кристаллическом состоянии	1. Определение скорости перерождения и степени тридимитизации кварцитов в процессе обжига.	8	8
2	Силикаты в стеклообразном состоянии	1. Определение вязкости стекла по методу растяжения стеклянного образца.	4	4
3	Высокодисперсное состояние силикатных материалов	1. Влияние электролитов и поверхностно-активных веществ на структурно-механические свойства суспензий.	4	4
4	Высокотемпературные процессы синтеза силикатных материалов	1. Кинетика гетерогенных процессов, протекающих при синтезе силикатных материалов. 2. Кинетика спекания смесей на основе стекла. 3. Исследование склонности расплавов к стеклообразованию.	4 8 4	12
5	Фазовые равновесия и диаграммы состояния гетерогенных систем	1. Изучение системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в жидкой фазе. 2. Расчетные методы построения кривых ликвидуса.	4 4	6
			34	34
		ВСЕГО:	34	34

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
-------	---------------------------------	---------------------------------------

1	Силикаты в кристаллическом состоянии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структурная характеристика тетраэдрической группы $[\text{SiO}_4]^{4-}$, и характерные особенности ее свойств. 2. Нульмерные и одномерные дефекты в решетках кристаллов, их влияние на свойства веществ. 3. Твердые растворы замещения. Совершенный и несовершенный изоморфизм. Условия образования. 4. Твердые растворы внедрения. Условия образования. 5. Дефекты нестехиометрии. Влияние их на свойства кристаллических тел. 6. Тепловые дефекты по Шоттки и Френкелю. 7. Краевая и винтовая дислокация в кристаллической решетке вещества. 8. Полиморфизм, разновидности. 9. Фазовые переходы первого и второго рода. 10. Факторы, влияющие на процесс полиморфного превращения.
2	Силикаты в жидком состоянии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое. <p>Строение жидкостей и силикатных расплавов. Свойства расплавов: вязкость, поверхностное натяжение, смачивающая способность.</p>
3	Силикаты в стеклообразном состоянии	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физико-химические особенности стеклообразного состояния. 2. Условия стеклообразования. 3. Теории строения стекла. 4. Свойства стекол: вязкость, кристаллизационная способность.
4	Высокодисперсное состояние силикатных материалов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электрокинетические явления в высокодисперсных силикатных системах. 2. Двойной электрический слой, электрокинетический потенциал. 3. Мицеллообразование. 4. Коагуляция коллоидных силикатных систем. 5. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры.
5	Высокотемпературные процессы синтеза силикатных материалов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кристаллизация расплавов и стекол. Кривые Таммана. 2. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. 3. Процесс роста кристаллов. 4. Твердофазовые реакции. 5. Диффузионные процессы при твердофазовом взаимодействии веществ. 6. Механизм и особенности реакций в твердом состоянии. 7. Кинетика твердофазовых реакций. Факторы, влияющие на скорость твердофазовых реакций. 8. Спекание, сущность процесса, разновидности. 9. Твердофазовое спекание, механизм, кинетика, пути ускорения процесса. 10. Жидкостное спекание, механизм, кинетика, пути ускорения процесса. 11. Спекание испарение – конденсация. 12. Процесс рекристаллизации. Виды, механизм, кинетика процесса.
6	Фазовые равновесия и	<ol style="list-style-type: none"> 1. Учение о фазовых равновесиях гетерогенных систем.

<p>диаграммы состояния гетерогенных систем</p>	<p>Правило фаз Гиббса.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Однокомпонентные системы с монотропными и энантиотропными превращениями и диаграммы их состояния. 3. Система SiO_2 и ее практическое значение. 4. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с эвтектикой. Применение правила рычага в двухкомпонентных системах. 5. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с химическим соединением, плавящимся конгруэнтно. 6. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с химическим соединением, плавящимся инконгруэнтно. 7. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с химическим соединением, разлагающимся или образующимся в твердом состоянии. 8. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с ликвидацией, полиморфными превращениями, твердыми растворами. 9. Система $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ и ее значение. 10. Система $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ и ее значение. 11. Система $\text{MgO}-\text{SiO}_2$ и ее значение. 12. Система $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и ее значение. 13. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с эвтектикой. Применение правила рычага в трехкомпонентных системах для количественного определения соотношения равновесных фаз. 14. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с бинарным химическим соединением, плавящимся конгруэнтно. 15. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с бинарным химическим соединением, плавящимся инконгруэнтно. 16. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с бинарным химическим соединением, разлагающимся в твердом состоянии. 17. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с полиморфными превращениями, ликвидацией. 18. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с тройным химическим соединением, плавящимся конгруэнтно. 19. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы с тройным химическим соединением, плавящимся инконгруэнтно. 20. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и ее значение для силикатных технологий. 21. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ и ее значение для силикатных технологий. 22. Диаграмма состояния трехкомпонентной системы $\text{MgO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ и ее значение для силикатных технологий.
--	---

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Учебным планом не предусмотрены.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Расчетно-графическое задание выполняется на тему «Расчет изменений фазовых равновесий в гетерогенной силикатной системе» (используется конкретная реальная система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ или CaO-MgO-SiO_2 или $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, детальное изучение которых предусмотрено при изложении курса). 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.

Для выполнения расчетно-графического задания изданы:

1. «Расчет фазовых равновесий в гетерогенной системе» / Методические указания к выполнению расчетно-графического задания по дисциплине «Физическая химия силикатов» для студентов, обучающихся по направлению 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2016. – 30 с.
2. *Бушуева Н.П.* Фазовые равновесия в гетерогенных системах: Практикум /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2013. – 80 с.

Каждому студенту выдается индивидуальное задание для выполнения расчетно-графического задания.

Пример задания

Расплав при температуре 1400°C в количестве 20% находится в равновесии с α -тридимитом (SiO_2) и кордиеритом ($2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$), соотношение которых 1:5. Определить по диаграмме состояния трехкомпонентной системы $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ состав исходного расплава.

Выполнить работу по диаграмме состояния:

1. Описать трехкомпонентную систему;
2. Определить последовательность фазовых превращений в изучаемой системе $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$;
3. Дать схему изменений фазовых равновесий.
4. Количественные расчеты:
 - 4.1. Определить температуру, при которой количество расплава будет равно 90%. Указать его состав и состав равновесной твердой фазы.
 - 4.2. Определить составы и соотношение равновесных фаз при температуре, когда по пути кристаллизации появляется третья фаза нового состава.
 - 4.3. Определить температуру, при которой количество расплава будет относиться к количеству кристаллов как 1:2 (33,3:66,7).

4.4. Определить составы и соотношение равновесных фаз в момент достижения конечной температуры кристаллизации, но до начала процесса.

4.5. Определить состав продукта полной кристаллизации (когда количество расплава равно 0%).

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

Некоторые темы расчетно-графических заданий

1. Расплав при температуре 1700°C находится в равновесии в количестве 80% с кристаллами шпинели $MgO \cdot Al_2O_3$ и корунда $\alpha-Al_2O_3$, соотношение которых 3:1. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

2. Расплав при температуре 1400°C в количестве 20% находится в равновесии с α -тридимитом (SiO_2) и кордиеритом ($2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$), соотношение которых 1:5. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

3. Точка исходного состава расплава находится в поле первичной кристаллизации шпинели $MgO \cdot Al_2O_3$ на изотерме 1800°C и содержание MgO составляет 35%. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

4. Точка исходного состава расплава находится в поле первичной кристаллизации периклаза MgO на изотерме 2400°C и содержание SiO_2 составляет 5%. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

5. Расплав при температуре 1400°C находится в равновесии в количестве 15% с кристаллами кордиерита $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ и шпинели $MgO \cdot Al_2O_3$, соотношение которых 1:2. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

6. Расплав, содержащий 50% SiO_2 , при температуре 1700°C находится в равновесии с форстеритом $2MgO \cdot SiO_2$ в соотношении 4:1. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

7. Точка исходного состава расплава находится на пограничной кривой, разделяющей поля кристаллизации кордиерита $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$ и муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, и содержание SiO_2 составляет 57%. Определить состав исходного расплава (система $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

8. Расплав при температуре 1500°C в количестве 30% находится в равновесии с кристаллами $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ и $2\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SiO}_2$, соотношение которых 2:1. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

9. Точка исходного состава расплава находится на соединительной линии $\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 2\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2$ и содержание в ней Al_2O_3 составляет 10%. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

10. Расплав при температуре 1400°C находится в равновесии с кристаллами $3\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и $2\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2$ в соотношении 2:1:5. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

11. Дан химический состав портландцементного клинкера:

Содержание оксидов, масс. %			
CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
62	11	4	23

Пересчитать данный состав портландцементного клинкера к трехкомпонентному, используя метод эквимольной замены оксидов. Выполнить работу по диаграмме состояния (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, пункты заданий даны в примере).

12. Расплав начинает кристаллизоваться при температуре 1800°C с выделением $\alpha\text{-}2\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2$, а при температуре 1500°C появляются кристаллы геленита $2\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SiO}_2$. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

13. Расплав, содержащий 50% CaO, при температуре 1500°C находится в равновесии с кристаллами геленита $2\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot \text{SiO}_2$ в количестве 60 и 40%. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

14. Расплав при температуре 1900°C находится в равновесии с кристаллами CaO и $3\text{CaO}\cdot \text{SiO}_2$ в соотношении 4:2:1. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

15. Расплав начинает кристаллизоваться при температуре 1700°C с выделением кристаллов муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$, а при температуре 1400°C появляется α -тридимит (SiO_2). Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

16. Расплав, содержащий 5% SiO_2 , при температуре 1900°C в количестве 55% находится в равновесии с кристаллами CaO . Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

17. Расплав, содержащий 60% Al_2O_3 , находится в равновесии с кристаллами $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ и корунда $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в соотношении 2:1:2. Определить состав исходного расплава (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$). Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

18. Расплав, содержащий 30% MgO , при температуре 2000°C находится в равновесии с кристаллами периклаза MgO в соотношении 95:5. Определить состав исходного расплава в системе $\text{MgO} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$. Выполнить работу по диаграмме состояния (пункты заданий даны в примере).

5.4. Перечень контрольных работ

Контрольные работы выполняются при изучении раздела (модуля) «Фазовые равновесия и диаграммы состояния гетерогенных систем».

Контрольная работа 1.

Двухкомпонентные системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, $\text{MgO} - \text{SiO}_2$, их диаграммы состояния, правила работы с ними, определение составов и количественного соотношения равновесных фаз при изменении внешних условий.

Задача 1. Определить температуру начала и конца кристаллизации расплава, содержащего x % Na_2O (система $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$), указать состав продукта полной кристаллизации.

вариант	содержание x % Na_2O		вариант	содержание x % Na_2O
1	5		8	35
2	10		9	40
3	12		10	45
4	15		11	50
5	20		12	55
6	25		13	60
7	30		14	65

Задача 2. Определить составы исходных смесей (система $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$), при нагреве которых до температуры x °C образуют y % жидкой фазы. Указать составы равновесных фаз при данной температуре.

вариант	t x , °C	y , %		вариант	t x , °C	y , %
1	900	25		8	1000	50

2	900	50		9	1000	75
3	900	75		10	1050	25
4	950	25		11	1050	50
5	950	50		12	1050	75
6	950	75		13	1100	25
7	1000	20		14	1100	50

Задача 3. Определить последовательность фазовых изменений при охлаждении расплава, содержащего x % CaO (система CaO - SiO₂).

вариант	содержание x % CaO		вариант	содержание x % CaO
1	5		8	50
2	10		9	60
3	15		10	65
4	20		11	70
5	30		12	80
6	40		13	85
7	45		14	90

Задача 4. Дан расплав, в составе которого x % CaO (система CaO - SiO₂). Скорректировать состав расплава, чтобы температура начала кристаллизации была равна $t=y$ °C.

вариант	содержание x % CaO	t y, °C		вариант	содержание x % CaO	t y, °C
1	30	1500		8	63	1550
2	30	1450		9	63	1500
3	30	1600		10	80	2100
4	45	1420		11	85	2300
5	45	1450		12	85	2200
6	60	1650		13	90	2300
7	60	1600		14	90	2200

Задача 5. Расплав, содержащий X % Al₂O₃ (система Al₂O₃ - SiO₂), находится в равновесии с кристаллами муллита 3Al₂O₃·2SiO₂ в соотношении $x:y$.

вариант	содержание X % Al ₂ O ₃	Соотношение $x:y$		вариант	содержание X % Al ₂ O ₃	соотношение $x:y$
1	10	1:5		8	40	1:9
2	10	5:1		9	40	9:1
3	20	1:1		10	40	4:1
4	20	3:1		11	40	1:3
5	20	1:6		12	45	27:73
6	30	3:2		13	50	6:5
7	30	2:3		14	50	5:4

Контрольная работа 2.

Трехкомпонентные силикатные системы $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{SiO}_2$, их диаграммы состояния, правила работы с ними, определение составов и количественного соотношения равновесных фаз при изменении внешних условий.

Условия некоторых задач, которые могут быть предложены при выполнении контрольной работы 2:

1. Дана смесь кристаллов 10% кварца, 85% волластонита ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) и 5% анортита ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Определить:

1) температуру начала плавления, состав и количество образующегося расплава при этой температуре;

2) температуру конца плавления и состав расплава.

2. При температуре 1700°C расплав в количестве 40% находится в равновесии с кристаллами муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) и корунда ($\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$), соотношение которых 1:2. Определить состав исходной смеси (система $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$).

3. Дать схему фазовых превращений при охлаждении расплава состава 57% CaO , 2% Al_2O_3 , 41% SiO_2 .

4. Расплав, содержащий 20% Al_2O_3 , при температуре 1500°C находится в равновесии с кристаллами геленита ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$). Определить состав исходной смеси.

5. Шлак содержит 40% $\gamma - 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 20% ранкинита $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ и стекло, содержащее 8% Al_2O_3 . Определить химический состав шлака.

6. Дать схему фазовых превращений при кристаллизации расплава, точка состава которого лежит в поле первичной кристаллизации шпинели $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и в элементарном треугольнике $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 - 4\text{MgO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

7. Расплав имеет состав: 25% MgO , 45% Al_2O_3 и 30% SiO_2 . Определить какие фазы образуются при полной кристаллизации этого расплава.

8. Дана смесь кристаллов 70% форстерита ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$), 20% энстатита ($\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) и 10% кордиерита ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Определить, какие фазы по составу и в каком количественном соотношении находятся в равновесии при нагреве до температуры 1500°C .

9. При температуре 1400°C расплав находится в равновесии с кордиеритом $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ и шпинелью $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ в соотношении 1:2:3. Определить состав исходной смеси.

10. Кристаллизация расплава начинается при температуре 1700°C с выделением муллита ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), а при охлаждении до 1500°C появляется α -кристобалит. Определить состав исходного расплава (система $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$).

11. Дать схему изменения фазового равновесия при охлаждении расплава, точка состава которого находится в элементарном треугольнике $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{MgO}$ в поле первичной кристаллизации CaO .

12. Дан расплав состава 38% MgO , 42% CaO , 20% SiO_2 . Определить температуру начала кристаллизации, состав и количество равновесного расплава при охлаждении системы до 2000°C .

13. Определить состав исходной смеси для получения материала, содержащего одинаковые количества форстерита ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) и клиноэнстатита

(MgO·SiO₂) и 40% стекла, содержащего 10% CaO.

14. Определить состав исходной смеси для получения материала, содержащего одинаковые количества α -CaO·SiO₂ и стеклофазы, содержащей 5% MgO, 35% CaO, 60% SiO₂.

15. Расплав начинает кристаллизоваться при $t=2000^{\circ}\text{C}$ и содержит 47% MgO (система CaO – MgO – SiO₂). Определить температуру конца кристаллизации, состав продукта кристаллизации.

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

а. Перечень основной литературы

1. *Савельев В.Г.* Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Учебник. /В.Г.Савельев, А.И.Рабухин. – М.: ИНФРА, – 2004. – 351 с.
2. *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. - 76 с.
3. *Бушуева Н.П.* Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Лабораторный практикум /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. – 76 с.
4. *Бушуева Н.П.* Фазовые равновесия в гетерогенных системах: Практикум /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2013. – 80 с.
5. *Горшков В.С.* Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений: Учеб. для вузов /В.С. Горшков, В. Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Физическая химия силикатов. /Под ред. Пащенко А.А./ – М.: Высшая школа, 1986. – 365 с.
2. *Куколев Г.В.* Химия кремния и физическая химия силикатов: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1966. – 463 с.
3. *Кузнецова Т.В.* Физическая химия вяжущих материалов: Учеб. для хим.технол. спец. вузов /Т.В.Кузнецова, И.В.Кудряшов, В.В.Тимашев. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
4. *Бобкова Н.М.* Физическая химия силикатов и тугоплавких соединений: Учебник для вузов. – Минск: Вышэйшая школа, 1984. – 256 с.
5. *Торопов Н.А.* Диаграммы состояния силикатных систем. – Л.: Наука, 1972. – Т. 3. – 523 с.
6. *Бабушкин В.И.* Термодинамика силикатов. /В.И.Бабушкин, Г.М.Матвеев, О.П.Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
7. *Киреев В.А.* Курс физической химии /В.А. Киреев. – М: Химия». – 1975. – 776 с.
8. *Павленко В.И.* Химическая термодинамика: учебное пособие для вузов.

- /В.И. Павленко. – М.: Высшая школа, 1998. – 319 с.
9. Барзаковский В.П. Диаграммы состояния силикатных систем. /В.П. Барзаковский, В.В. Лапин, Н.Н. Курцева. – Л.: Наука, 1971. Вып. 1 – 4. – 235 с.
 10. Кругляков П.М. Физическая и коллоидная химия: Учеб. пособие /М.П. Кругляков, Т.Н. Хаскова. – М.: Высшая школа, 2005. – 319 с.
 11. Расчет фазовых равновесий в гетерогенной системе / Методические указания к выполнению расчетно-графического задания по дисциплине «Физическая химия силикатов» для студентов, обучающихся по направлению 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2016. – 30 с.
 12. Краткий справочник физико–химических величин./ Под ред. А.А. Равделя, А.Н. Пономаревой.- Л.: Химия. – 1983.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. <http://WWW.knigafund.ru/>
2. <http://ntb.bstu.ru/resources/el.php>
3. <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. [https://elib.bstu.ru/Reader/Book/-](https://elib.bstu.ru/Reader/Book/)

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Реализация программы учебной дисциплины требует наличия специально оборудованных кабинетов и лабораторий. Организация отдельных лекций по дисциплине «Физическая химия силикатов» проводится на базе специализированной аудитории, оснащенной компьютеризированным комплексом рабочего места преподавателя.

Лабораторные занятия ведутся в специализированных учебных лабораториях № 302 и 210 кафедры технологии стекла и керамики, оборудованной в соответствии с требованиями, предъявляемыми к учебным химическим лабораториям.

В лаборатории имеются приборы и оборудование: микроскоп МИН-8, микроскоп «ЙЕНАВАЛ», микроскоп «ПОЛАМ Р-211», ультратермостат ТУРЕ: 657 МТА KUTESZ; водяная баня; микроскоп МБУ-4; высокотемпературный микроскоп МНО-2; весы технические, торсионные и аналитические ВЛКТ-500; муфельная печь; силитовая печь; шахтная печь; ротационный вискозиметр РВ-8; вискозиметр ВМ; вискозиметр «Брукфильд», кварцевый дилатометр ДКВ-1 (подключен к компьютеру для обработки результатов и получения дилатометрической кривой); гидравлический пресс. В лаборатории имеются необходимые химическая посуда и химические реактивы.

Имеются компьютеры и соответствующее программное обеспечение для сопровождения эксперимента и ведения сложных расчетов.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена без изменений на 2016/2017 учебный год

Заведующий кафедрой _____  _____ Е.И.Евтушенко
подпись, ФИО

Директор института _____  _____
подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями в п. 6.1:

6.1. Перечень основной литературы

1. *Савельев В.Г.* Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Учебник. /В.Г.Савельев, А.И.Рабухин. – М.: ИНФРА, – 2004. – 351 с.
2. *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.
3. *Бушуева Н.П.* Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Лабораторный практикум /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. – 76 с.
4. *Бушуева Н.П.* Фазовые равновесия в гетерогенных системах: Практикум /Н.П.Бушуева. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2013. – 80 с.
5. *Горшков В.С.* Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений: Учеб. для вузов /В.С. Горшков, В. Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
6. *Бушуева Н.П.* Физическая химия силикатов: учеб. пособие / Н.П. Бушуева, О.А. Панова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. – 102 с.

утверждена на 2017 /2018 учебный год.

Протокол № 1 заседания кафедры от «7» сентября 2017 г.

/Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

8.2 УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена без изменений на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от 28.05.2018г.

/Заведующий кафедрой ТСК  Евтушенко Е.И.

/Директор ХТИ  Павленко В.И.

8.2. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена без изменений на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от 24 июня 2019 г.

/Заведующий кафедрой ТСК  Евтушенко Е.И.

/Директор ХТИ  Павленко В.И.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 17 заседания кафедры от «13» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой

 Борисов И. Н.

Директор института

 Павленко В.И.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021 / 2022 учебный год.

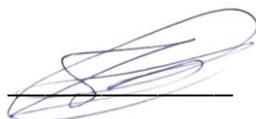
Протокол № 19 заседания кафедры от « 14 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой



И.Н. Борисов

Директор института



Р.Н. Ястребинский