

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Физическая химия силикатов

Образовательная программа: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль:
Материаловедение и технологии машиностроительных материалов

Курс: 4, семестр : 7

Механико-технологический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	65
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	36
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	12
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	9
10	Самостоятельная работа, час.	79
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

ФГОС введен в действие приказом №1331 от 12.11.2015 г. , дата утверждения: 14.12.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ХХТ, протокол заседания кафедры №2/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.х.н. Тимакова Е. В.

Заведующий кафедрой:

д.х.н. Уваров Н. Ф.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Батаев В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь прогнозировать процессы синтеза спекания и плавления реальных смесей природных и технических силикатов и оксидов
Компетенция ФГОС: ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:
35. знать кристаллохимию силикатов, оксидов и других тугоплавких соединений
Компетенция ФГОС: ПК.6 способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; в части следующих результатов обучения:
37. знать количественные характеристики основных свойств различных металлических, керамических, полимерных и композиционных материалов

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Физическая химия силикатов	
ОПК.2.у1 уметь прогнозировать процессы синтеза спекания и плавления реальных смесей природных и технических силикатов и оксидов	
1.иметь представление о б основных понятиях термодинамики, фазовом равновесии в различных системах, правиле фаз Гиббса, диаграммах состояния и плавкости, основных уравнениях гетерогенной кинетики	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
2.уметь на основе термодинамических расчетов оценивать вероятность протекания химических реакций образования силикатов и глубину протекания процесса на основе данных кинетических экспериментов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
3.владеть способами построения.описания фазовых диаграмм и проведения количественных расчетов по ним	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
4.знать фазовые диаграммы основных силикатных систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
5.уметь определять составы сосуществующих фаз в бинарных, трехкомпонентных гетерогенных силикатных системах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6.уметь определять направленность процесса в заданных начальных условиях; устанавливать границы областей устойчивости фаз в однокомпонентных, бинарных и трехкомпонентных системах	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
7.уметь использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.3.35 знать кристаллохимию силикатов, оксидов и других тугоплавких соединений	
8.знать методы термодинамического описания фазовых равновесий силикатных систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
9.уметь интерпретировать результаты физико-химического исследования силикатных систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
10.иметь представление о типах кристаллических структур силикатов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
11.уметь определять фазовый состав силикатных материалов на основе данных физико-химических исследований	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
12.знать основные физико-химические методы, используемые для исследования силикатных систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

13.знать кристаллические структуры основных промышленно важных силикатов	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.6.37 знать количественные характеристики основных свойств различных металлических, керамических, полимерных и композиционных материалов	
14.знать современные физико-химические методы, используемые для исследования кристаллических, некристаллических и нанокристаллических силикатных систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Элементы химической термодинамики силикатов				
1. Некоторые основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Закон Гесса и его следствия. Теплоемкость. Закон Кирхгоффа. Второе начало термодинамики. Энергия Гиббса. Условия самопроизвольного протекания химических процессов. Основные типы термодинамических расчетов в силикатных системах.	0	2	1, 2, 6, 7, 9	Изучение основ классической термодинамики в применении к силикатным системам.
Дидактическая единица: Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем				
2. Агрегатные состояния вещества. стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монотропные и энантиотропные. Фаза, компонент, степень свободы, термодинамические параметры. Общие условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнения Клаузиуса и Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Диаграмма состояния однокомпонентной системы SiO ₂ и ее значение для технологий производства различных строительных материалов.	0	2	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9	Изучение основ термодинамики фазовых равновесий в однокомпонентных системах, рассмотрение конкретных диаграмм однокомпонентных систем.

3. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с простой эвтектикой и с образованием двойных соединений. Диаграмма состояния системы глинозем-кремнезем и ее значение для силикатных технологий. Диаграмма состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Диаграмма состояния системы CaO-SiO_2 и ее значение для технологий производства вяжущих веществ.	0	2	1, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Изучение теоретических основ термодинамического описания диаграмм состояния двойных силикатных систем.
4. Трехкомпонентные системы. Диаграммы состояния простых трехкомпонентных систем. Правило определения местоположения состава в тройной диаграмме состояния и обратная задача - нахождение состава по местоположению соответствующей ему точки. Диаграммы состояния с двойным химическим соединением. Диаграммы состояния систем с тройными химическими соединениями, плавящимися с разложением и без разложения. Определение путей кристаллизации в трехкомпонентной системе. Определение конечного состава продуктов кристаллизации и точки конца кристаллизации. Правило соединительной прямой. Правило треугольника.	0	2	1, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Изучение теоретических основ термодинамического описания фазовых равновесий в тройных системах.
5. Трехкомпонентная система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Фазы, составляющие систему. Двойные и тройные химические соединения и их свойства. Зоны диаграммы, характеризующие составы сырьевых смесей для производства цемента, керамики, стекла и др. Значение происходящих в ней превращений для технологий производства различных строительных материалов.	0	2	1, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Изучение теоретических основ термодинамического описания фазовых равновесий в тройных системах на конкретных примерах силикатных систем.
Дидактическая единица: Строение силикатных систем				

6. Особенности кристаллического состояния. Способы описания кристаллических структур структурная классификация силикатов. Островные, каркасные, слоистые и цепочечные типы силикатов. Волокнистые силикатные материалы (асбесты). Твердые растворы.	0	2	1, 10, 13, 2, 7, 9	Изучение основных типов кристаллических структур силикатов.
7. Природа химических связей в силикатах и силикатных расплавах. Особенности силикатных расплавов вязкость силикатных расплавов. Поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов. Стеклообразное состояние. Гипотезы о строении стекла. Особенности стеклообразного состояния и свойства силикатных стекол. Дисперсные системы. Строение мицеллы кремниевой кислоты. Коллоидные формы кремнезема. Гели кремниевой кислоты. Коллоидно-химические явления при твердении вяжущих материалов. Коллоидно-химические явления в системе глина-вода.	0	2	1, 14, 2, 7, 8, 9	Изучение строения силикатных систем в расплавленном, стеклообразном и высокодисперсном состоянии.
Дидактическая единица: Механизм и последовательность реакций в смесях твердых веществ				
8. Реакции веществ в твердом состоянии. Диффузионные процессы при твердофазных реакциях. Механизм диффузии в твердых телах. Особенности реакций в твердом состоянии. Математические модели, описывающие кинетику твердофазных реакций. Топохимические реакции. Эмпирическая кинетика. Кинетика процессов, протекающих в диффузионной области реагирования. Кинетика процессов, протекающих в кинетической области реагирования. Кинетические модели зародышеобразования.	0	2	1, 12, 2, 7, 9	Изучение классификации и особенностей твердофазных реакций. Изучение основ гетерогенной кинетики.
Дидактическая единица: Физико-химические методы исследования силикатных систем				

9. Химические методы анализа. Методы определения свободных CaO и CaSO₄. Методы определения содержания минералов-силикатов в клинкере. Метод дифференциально-термического анализа. Эндотермические и экзотермические эффекты, характеризующие поведение веществ при нагревании. Термогравиметрический метод анализа. Термические эффекты без потери и с потерей массы. Расчет количества химического вещества, выделяющегося при нагревании. Рентгенографический метод анализа строительных материалов. Рентгеновское излучение и способы его генерации, дифракция, рентгеновский эксперимент, интенсивность рефлексов, современные методы съемки порошкограмм и их применение для определения наличия фаз по совокупности дифракционных максимумов при соответствующих межплоскостных расстояниях. Методы ИК- и КР-спектроскопии. Теоретические основы методов. ИК- и КР-спектроскопия силикатов.	0	2	11, 12, 14, 7, 9	Изучение теоретических основ химического и термических методов анализа силикатных систем. Изучение теоретических основ рентгенографического метода анализа строительных материалов. Изучение теоретических основ методов ИК- и КР-спектроскопии.
---	---	---	------------------	--

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Элементы химической термодинамики силикатов				
1. Термодинамика силикатных систем.	1,3	4	1, 2, 6, 7, 9	Решение задач на расчет термодинамических потенциалов реакций образования силикатов; определение возможности протекания процесса на основании термодинамических расчетов.
Дидактическая единица: Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем				

2. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Диаграмма SiO ₂ .	1,3	4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Решение задач с использованием уравнений Клаузиуса и Клапейрона-Клаузиуса. Построение диаграмм однокомпонентных систем. Интерпретация диаграммы SiO ₂ и проведение расчетов по ней.
3. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Диаграммы систем глинозем-кремнезем, CaO-Al ₂ O ₃ , CaO-SiO ₂ .	1,4	4	1, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Интерпретация фазовых диаграмм глинозем-кремнезем, CaO-Al ₂ O ₃ , CaO-SiO ₂ . Определение областей сосуществующих фаз, составов химических соединений, проведение количественных расчетов с использованием правила рычага
4. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем.	1,4	4	1, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Интерпретация диаграмм трехкомпонентных систем: определение путей кристаллизации и проведение количественных расчетов по правилу рычага и аналитическим методом.
5. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем. Диаграмма состояния системы CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ .	1,4	4	1, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Интерпретация диаграммы состояния трехкомпонентной системы CaO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ и проведение количественных расчетов по ней. Рассмотрение других диаграмм состояния трехкомпонентных систем, одним из компонентов которых является SiO ₂ .
Дидактическая единица: Строение силикатных систем				
6. Структуры силикатов. силикатные расплавы и стекла..	1,3	4	10, 12, 13, 9	Рассмотрение кристаллических структур различных силикатов, имеющих практическую значимость. Решение задач на определение вязкости силикатных расплавов
Дидактическая единица: Механизм и последовательность реакций в смесях твердых веществ				
7. Кинетика твердофазных реакций. Математические модели, описывающие кинетику твердофазных реакций.	1,3	4	1, 12, 14, 2, 9	Решение задач с использованием основных уравнений кинетики твердофазных реакций для силикатных систем.
Дидактическая единица: Физико-химические методы исследования силикатных систем				

8. Химические методы анализа силикатов. Термогравиметрический метод анализа силикатов.	1,3	4	11, 12, 14, 9	Решение задач на нахождение составов силикатов на основе химического анализа. Интерпретация данных термического анализа. Определение экзо- и эндотермических эффектов, их связи с процессами термического превращения вещества. Расчет количества химического вещества, выделяющегося при нагревании. Работа с программными продуктами.
9. Рентгенографический метод анализа строительных материалов. ИК- и КР-спектроскопия силикатов.	1,3	4	11, 12, 14, 9	Рассмотрение порошковых дифрактограмм компонентов строительных материалов. Определение фазового состава материалов по совокупности дифракционных максимумов при соответствующих межплоскостных расстояниях. Работа с программными продуктами. Рассмотрение ИК- и КР-спектров силикатов. Интерпретация характеристических полос колебаний силикатных систем.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	1, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	20	2
, подробная информация приведена в приложении №3 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001 . - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287 . - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 12, 13, 14, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	40	6
, подробная информация приведена в приложениях №1 №4 №5 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001 . - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287 . - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	19	1

, подробная информация приведена в приложениях №2 №4 №5 : Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм
1	Дискуссия
Краткое описание применения: Обсуждение в дискуссионной форме фазовых диаграмм и результатов физико-химических методов исследования силикатных систем.	

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Практические занятия:</i>	30	60
Контролирующие материалы (Теоретические и расчетные задачи) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287 . - Загл. с экрана."		
<i>РГЗ:</i>	10	20
Контролирующие материалы (Расчетные и графические задания) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287 . - Загл. с экрана."		
<i>Зачет:</i>	10	20
Контролирующие материалы (Задачи список вопросов) приводятся в "Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287 . - Загл. с экрана."		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Зачет
ОПК.2	у1. уметь прогнозировать процессы синтеза спекания и плавления реальных смесей природных и технических силикатов и оксидов	+	+
ОПК.3	з5. знать кристаллохимию силикатов, оксидов и других тугоплавких соединений	+	+
ПК.6	з7. знать количественные характеристики основных свойств различных металлических, керамических, полимерных и композиционных материалов	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Рубцова В.Н. Физическая химия силикатов [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам/ В.Н. Рубцова— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008.— 9 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21695.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 116, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000230287

Дополнительная литература

1. Физические методы исследования неорганических веществ : [учебное пособие по специальности 020101 "Химия" направления 020100 "Химия"] / [Т. Г. Баличева и др.] ; под ред. А. Б. Никольского. - М., 2006. - 442, [1] с. : ил., табл.
2. Тимакова Е. В. Физическая химия. Химическая термодинамика : учебное пособие / Е. В. Тимакова, Е. М. Турло, Н. Ф. Уваров ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 164, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221436
3. Еремин В. В. Основы общей и физической химии : [учебное пособие для вузов по дисциплине "Химия", по направлению подготовки ВПО 011200] / В. В. Еремин, А. Я. Борщевский. - Долгопрудный, 2012. - 847 с. : ил., табл.
4. Практикум по физической химии. Термодинамика : учебное пособие [для вузов по направлению и специальности "Химия" / Е. П. Агеев и др.] ; под ред. Е. П. Агеева, В. В. Лунина. - М., 2010. - 218, [2] с. : ил., табл.
5. Кудряшева Н. С. Физическая химия : учебник для бакалавров / Н. С. Кудряшева, Л. Г. Бондарева ; Сиб. федер. ун-т. - Москва, 2012. - 340 с. : ил., табл.
6. Кругляков П. М. Физическая и коллоидная химия : [учебное пособие по строительным специальностям] / П. М. Кругляков, Т. Н. Хаскова. - М., 2007. - 317, [2] с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс [для студентов МТФ очной формы обучения специальности 240802] / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180001. - Загл. с экрана.
2. Тимакова Е. В. Физическая химия [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Е. В. Тимакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2016]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233287. - Загл. с экрана.
3. Лидин Р. А. Справочник по общей и неорганической химии : химические элементы, атомы, молекулы, ионы, простые и сложные вещества, водные растворы, физические величины и их единицы / Р. А. Лидин. - М., 2008. - 350 с.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 MathType
- 3 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Применяется для демонстрации лекционного материала.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН МТФ
к.т.н., доцент В.В. Янпольский
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая химия силикатов

Образовательная программа: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль:
Материаловедение и технологии машиностроительных материалов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Таблица 1.

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях	у1. уметь прогнозировать процессы синтеза спекания и плавления реальных смесей природных и технических силикатов и оксидов	Агрегатные состояния вещества: стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монотропные и энантиотропные. Фаза, компонент, степень свободы, термодинамические параметры. Общие условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнения Клаузиуса и Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Диаграмма состояния однокомпонентной системы SiO_2 и ее значение для технологий производства различных строительных материалов.	РГЗ (задание 1) Практическое занятие 2 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 1, 2).
		Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с простой эвтектикой и с образованием двойных соединений. Диаграмма состояния системы глинозем-кремнезем и ее значение для силикатных технологий. Диаграмма состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Диаграмма состояния системы CaO-SiO_2 и ее значение для технологий производства вяжущих веществ.	РГЗ (задание 2) Практическое занятие 3 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 5, 6).
		Трехкомпонентные системы. Диаграммы состояния простых трехкомпонентных систем. Правило определения местоположения состава в тройной диаграмме состояния и обратная задача - нахождение состава по местоположению соответствующей ему точки. Диаграммы состояния с двойным химическим соединением. Диаграммы состояния систем с тройными химическими соединениями, плавящимися с разложением и без разложения. Определение путей кристаллизации в трехкомпонентной системе.	РГЗ (задание 3) Практические занятия 4, 5 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 7, 8).

		Определение конечного состава продуктов кристаллизации и точки конца кристаллизации. Правило соединительной прямой. Правило треугольника.		
		Трехкомпонентная система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Фазы, составляющие систему. Двойные и тройные химические соединения и их свойства. Зоны диаграммы, характеризующие составы сырьевых смесей для производства цементов, керамики, стекла и др. Значение происходящих в ней превращений для технологий производства различных строительных материалов.	РГЗ (задание 3) Практические занятия 4, 5 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 7, 8).
		Некоторые основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Закон Гесса и его следствия. Теплоемкость. Закон Кирхгофа. Второе начало термодинамики. Энергия Гиббса. Условия самопроизвольного протекания химических процессов. Основные типы термодинамических расчетов в силикатных системах.	РГЗ (задание 1) Практическое занятие 1 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 1, 2).
		Особенности кристаллического состояния. Способы описания кристаллических структур структурная классификация силикатов. Островные, каркасные, слоистые и цепочечные типы силикатов. Волокнистые силикатные материалы (асбесты). Твердые растворы.	Практическое занятие 6 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 3, 4).
		Природа химических связей в силикатах и силикатных расплавах. Особенности силикатных расплавов вязкость силикатных расплавов. Поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов. Стеклообразное состояние. Гипотезы о строении стекла. Особенности стеклообразного состояния и свойства силикатных стекол. Дисперсные системы. Строение мицеллы кремниевой кислоты. Коллоидные формы кремнезема. Гели кремниевой кислоты. Коллоидно-химические явления при твердении вяжущих материалов. Коллоидно-химические явления в системе	Практическое занятие 6 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 4).

		глина-вода.		
		Реакции веществ в твердом состоянии. Диффузионные процессы при твердофазных реакциях. Механизм диффузии в твердых телах. Особенности реакций в твердом состоянии. Математические модели, описывающие кинетику твердофазных реакций. Топохимические реакции. Эмпирическая кинетика. Кинетика процессов, протекающих в диффузионной области реагирования. Кинетика процессов, протекающих в кинетической области реагирования. Кинетические модели зародышеобразования.	Практическое занятие 7 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии).	Зачет (тест, вопрос 9).
		Химические методы анализа. Методы определения свободных CaO и CaSO_4 . Методы определения содержания минералов-силикатов в клинкере. Метод дифференциально-термического анализа. Эндотермические и экзотермические эффекты, характеризующие поведение веществ при нагревании. Термогравиметрический метод анализа. Термические эффекты без потери и с потерей массы. Расчет количества химического вещества, выделяющегося при нагревании. Рентгенографический метод анализа строительных материалов. Рентгеновское излучение и способы его генерации, дифракция, рентгеновский эксперимент, интенсивность рефлексов, современные методы съемки порошковых и их применение для определения наличия фаз по совокупности дифракционных максимумов при соответствующих межплоскостных расстояниях. Методы ИК- и КР-спектроскопии. Теоретические основы методов. ИК- и КР-спектроскопия силикатов.	Практические занятия 8, 9 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 10).
ОПК.3 готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и	з5. знать кристаллохимию силикатов, оксидов и других тугоплавких соединений	Агрегатные состояния вещества: стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монотропные и	РГЗ (задание 1) Практическое занятие 2 (решение и обсуждение задач, участие в	Зачет (тест, вопрос 1, 2).

общеинженерные знания в профессиональной деятельности		энантиотропные. Фаза, компонент, степень свободы, термодинамические параметры. Общие условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнения Клаузиуса и Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Диаграмма состояния однокомпонентной системы SiO_2 и ее значение для технологий производства различных строительных материалов.	дискуссии)	
		Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с простой эвтектикой и с образованием двойных соединений. Диаграмма состояния системы глинозем-кремнезем и ее значение для силикатных технологий. Диаграмма состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Диаграмма состояния системы CaO-SiO_2 и ее значение для технологий производства вяжущих веществ.	РГЗ (задание 2) Практическое занятие 3 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 5, 6).
		Трехкомпонентные системы. Диаграммы состояния простых трехкомпонентных систем. Правило определения местоположения состава в тройной диаграмме состояния и обратная задача - нахождение состава по местоположению соответствующей ему точки. Диаграммы состояния с двойным химическим соединением. Диаграммы состояния систем с тройными химическими соединениями, плавящимися с разложением и без разложения. Определение путей кристаллизации в трехкомпонентной системе. Определение конечного состава продуктов кристаллизации и точки конца кристаллизации. Правило соединительной прямой.	РГЗ (задание 3) Практические занятия 4, 5 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 7, 8).
		Трехкомпонентная система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Фазы, составляющие систему. Двойные и тройные химические соединения и их свойства. Зоны диаграммы, характеризующие составы сырьевых смесей для производства цементов, керамики, стекла и др. Значение происходящих в ней превращений для технологий производства различных	РГЗ (задание 3) Практические занятия 4, 5 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 7, 8).

		строительных материалов.		
		Некоторые основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Закон Гесса и его следствия. Теплоемкость. Закон Кирхгофа. Второе начало термодинамики. Энергия Гиббса. Условия самопроизвольного протекания химических процессов. Основные типы термодинамических расчетов в силикатных системах.	РГЗ (задание 1) Практическое занятие 1 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 1, 2).
		Особенности кристаллического состояния. Способы описания кристаллических структур структурная классификация силикатов. Островные, каркасные, слоистые и цепочечные типы силикатов. Волокнистые силикатные материалы (асбесты). Твердые растворы.	Практическое занятие 6 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 3, 4).
		Природа химических связей в силикатах и силикатных расплавах. Особенности силикатных расплавов вязкость силикатных расплавов. Поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов. Стеклообразное состояние. Гипотезы о строении стекла. Особенности стеклообразного состояния и свойства силикатных стекол. Дисперсные системы. Строение мицеллы кремниевой кислоты. Коллоидные формы кремнезема. Гели кремниевой кислоты. Коллоидно-химические явления при твердении вяжущих материалов. Коллоидно-химические явления в системе глина-вода.	Практическое занятие 6 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 3, 4).
		Реакции веществ в твердом состоянии. Диффузионные процессы при твердофазных реакциях. Механизм диффузии в твердых телах. Особенности реакций в твердом состоянии. Математические модели, описывающие кинетику твердофазных реакций. Топохимические реакции. Эмпирическая кинетика. Кинетика процессов, протекающих в диффузионной области реагирования. Кинетика процессов, протекающих в кинетической области реагирования.	Практическое занятие 7 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии).	Зачет (тест, вопрос 9).

		Кинетические модели зародышеобразования.		
		Химические методы анализа. Методы определения свободных СаО и СаSO ₄ . Методы определения содержания минералов-силикатов в клинкере. Метод дифференциально-термического анализа. Эндотермические и экзотермические эффекты, характеризующие поведение веществ при нагревании. Термогравиметрический метод анализа. Термические эффекты без потери и с потерей массы. Расчет количества химического вещества, выделяющегося при нагревании. Рентгенографический метод анализа строительных материалов. Рентгеновское излучение и способы его генерации, дифракция, рентгеновский эксперимент, интенсивность рефлексов, современные методы съемки порошковых и их применение для определения наличия фаз по совокупности дифракционных максимумов при соответствующих межплоскостных расстояниях. Методы ИК- и КР-спектроскопии. Теоретические основы методов. ИК- и КР-спектроскопия силикатов.	Практические занятия 8, 9 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 10).
ПК.6 способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	37. знать количественные характеристики основных свойств различных металлических, керамических, полимерных и композиционных материалов	Агрегатные состояния вещества: стабильное, метастабильное и нейтральное равновесное состояние. Фазовые переходы первого и второго рода, монотропные и энантиотропные. Фаза, компонент, степень свободы, термодинамические параметры. Общие условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния однокомпонентных систем. Уравнения Клаузиуса и Клапейрона-Клаузиуса для фазовых переходов. Диаграмма состояния однокомпонентной системы SiO ₂ и ее значение для технологий производства различных строительных материалов.	РГЗ (задание 1) Практическое занятие 2 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 1, 2).
		Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с простой эвтектикой и с образованием двойных	РГЗ (задание 2) Практическое занятие 3 (решение и	Зачет (тест, вопрос 5, 6).

		соединений. Диаграмма состояния системы глинозем-кремнезем и ее значение для силикатных технологий. Диаграмма состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$. Диаграмма состояния системы CaO-SiO_2 и ее значение для технологий производства вяжущих веществ.	обсуждение задач, участие в дискуссии)	
		Трехкомпонентные системы. Диаграммы состояния простых трехкомпонентных систем. Правило определения местоположения состава в тройной диаграмме состояния и обратная задача - нахождение состава по местоположению соответствующей ему точки. Диаграммы состояния с двойным химическим соединением. Диаграммы состояния систем с тройными химическими соединениями, плавящимися с разложением и без разложения. Определение путей кристаллизации в трехкомпонентной системе. Определение конечного состава продуктов кристаллизации и точки конца кристаллизации. Правило соединительной прямой.	РГЗ (задание 3) Практические занятия 4, 5 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 7, 8).
		Трехкомпонентная система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Фазы, составляющие систему. Двойные и тройные химические соединения и их свойства. Зоны диаграммы, характеризующие составы сырьевых смесей для производства цемента, керамики, стекла и др. Значение происходящих в ней превращений для технологий производства различных строительных материалов.	РГЗ (задание 3) Практические занятия 4, 5 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 7, 8).
		Особенности кристаллического состояния. Способы описания кристаллических структур структурная классификация силикатов. Островные, каркасные, слоистые и цепочечные типы силикатов. Волокнистые силикатные материалы (асбесты). Твердые растворы.	Практическое занятие 6 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 3, 4).
		Природа химических связей в силикатах и силикатных расплавах. Особенности силикатных расплавов вязкость силикатных расплавов. Поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных	Практическое занятие 6 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 3, 4).

		расплавов. Стеклообразное состояние. Гипотезы о строении стекла. Особенности стеклообразного состояния и свойства силикатных стекол. Дисперсные системы. Строение мицеллы кремниевой кислоты. Коллоидные формы кремнезема. Гели кремниевой кислоты. Коллоидно-химические явления при твердении вяжущих материалов. Коллоидно-химические явления в системе глина-вода.		
		Химические методы анализа. Методы определения свободных СаО и СаSO₄. Методы определения содержания минералов-силикатов в клинкере. Метод дифференциально-термического анализа. Эндотермические и экзотермические эффекты, характеризующие поведение веществ при нагревании. Термогравиметрический метод анализа. Термические эффекты без потери и с потерей массы. Расчет количества химического вещества, выделяющегося при нагревании. Рентгенографический метод анализа строительных материалов. Рентгеновское излучение и способы его генерации, дифракция, рентгеновский эксперимент, интенсивность рефлексов, современные методы съемки порошковых и их применение для определения наличия фаз по совокупности дифракционных максимумов при соответствующих межплоскостных расстояниях. Методы ИК- и КР-спектроскопии. Теоретические основы методов. ИК- и КР-спектроскопия силикатов.	Практические занятия 8, 9 (решение и обсуждение задач, участие в дискуссии)	Зачет (тест, вопрос 10).

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6.

Зачет проводится в письменной форме, по тестам, состав и правила оценки сформулированы в паспорте зачета.

Сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1, обязательным этапом которого в 7 семестре является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р). Сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля на практических занятиях, к которым относится

решение и обсуждение задач, участие в дискуссии. Предлагаемые для решения задачи соответствуют темам практических занятий и дидактическим единицам дисциплины и прилагаются общим списком в Приложении 2.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

Для получения допуска к зачету студент обязан выполнить все предусмотренные рабочей программой виды учебной деятельности в семестре и набрать минимальное число баллов (не менее 50 %), которые складываются из баллов, полученных при работе на практических занятиях, а также за выполнение РГЗ, необходимое для допуска к промежуточной аттестации (зачету).

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Критерии оценки работы студента на практических занятиях

Работа на 6 практических занятиях оценивается максимум в 6 баллов, на трех занятиях – 8 баллами. Соответственно темам практических занятий:

1. «Термодинамика силикатных систем» – 6 баллов. Для работы предлагаются задачи из диапазона заданий по дидактической единице «Элементы химической термодинамики силикатов».

2. «Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Диаграмма SiO_2 » – 6 баллов. Для работы предлагаются задачи из диапазона заданий по дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем».

3. «Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Диаграммы систем глинозем–кремнезем, $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$, CaO-SiO_2 » – 8 баллов. Для работы предлагаются задачи из диапазона заданий по дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем».

4. «Диаграммы состояния трехкомпонентных систем» – 8 баллов. Для работы предлагаются задачи из диапазона заданий по дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем».

5. «Диаграммы трехкомпонентных систем. Диаграмма состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ » – 8 баллов. Для работы предлагаются задачи из диапазона заданий по дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем».

6. «Структуры силикатов, силикатные расплавы и стекла» – 8 баллов. Для работы предлагаются вопросы из диапазона обсуждаемых вопросов по дидактической единице «Строение силикатных систем».

7. «Кинетика твердофазных реакций. Математические модели, описывающие кинетику твердофазных реакций» – 6 баллов. Для работы предлагаются задачи из диапазона заданий по дидактической единице «Механизм и последовательность реакций в смесях твердых веществ».

8. «Химические методы анализа силикатов. Термогравиметрический метод анализа силикатов» – 6 баллов. Для работы предлагаются вопросы из диапазона обсуждаемых вопросов по дидактической единице «Физико-химические методы исследования силикатных систем».

9. «Рентгенографический метод анализа строительных материалов ИК- и КР-спектроскопия силикатов» – 6 баллов. Для работы предлагаются вопросы из диапазона обсуждаемых вопросов по дидактической единице «Физико-химические методы исследования силикатных систем».

При пропуске практического занятия студенту в журнал успеваемости выставляется 0 баллов. Максимальная сумма баллов составляет – 60.

• Ответ считается **неудовлетворительным**, если он не соответствует большинству основных требований формируемых компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6. Студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий по дидактическим единицам курса, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не приводит решения задач, или приводит неправильные решения оценка составляет менее 30 баллов.

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если он не соответствует большинству основных требований формируемых компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6. Студент при ответе дает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с не принципиальными ошибками, например, вычислительными, оценка составляет 31–44 баллов.
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если он отвечает всем основным требованиям формируемых компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6. Студент при ответе дает все основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с не принципиальными ошибками, например, вычислительными, оценка составляет 45–52 баллов.
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если он отвечает всем требованиям формируемых компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6. Студент при ответе на вопросы дает все определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, расчеты в заданиях выполнены без ошибок, оценка составляет 53–60 баллов.

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (70 и более) в результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации.

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (40 баллов), то он не допускается к зачету во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к зачету необходимо набрать минимальное количество баллов.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками. Общий уровень выполнения заданий составляет менее 50 %.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками. Общий уровень выполнения заданий составляет 50–73 %.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки. Общий уровень выполнения заданий составляет 74–86 %.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Общий уровень выполнения заданий составляет 87–100 %.

Паспорт зачета

по дисциплине «Физическая химия силикатов», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по тестам, состоящим из 10 вопросов. Тестовые задания включают следующие типы вопросов: множественный, соответствие, числовой.

Тест формируется по следующему правилу: вопросы 1, 2 включают в себя задания по дидактической единице «Элементы химической термодинамики силикатов», вопросы 3, 4 – по дидактической единице «Строение силикатных систем», вопросы 5–8 – по дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем», вопрос 9 – по дидактической единице «Механизм и последовательность реакций в смесях твердых веществ», вопрос 10 – по дидактической единице «Физико-химические методы исследования силикатных систем».

Задания общим списком приведены в Приложении 2.

На выполнение тестовых заданий отводится 90 минут. Ответы на задания, требующие расчетов, подтверждаются в письменной экзаменационной работе.

В случае если студент набирает пограничное число баллов (суммарно по результатам текущей и промежуточной аттестаций), то преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (Приложение 1).

Оцениваемыми параметрами при выполнении заданий является правильность выбора ответа, а также правильность применяемого теоретического материала для вывода аналитического решения задач, точность решения и аргументированность полученного ответа.

Оцениваемыми параметрами при ответе на теоретические вопросы является знание основных понятий и законов химической термодинамики, знание основных величин и их размерностей, умение применять термодинамические расчеты к силикатным системам, знание современной классификации силикатов и форм краткой записи химического состава минерала, знание основных правил интерпретации фазовых диаграмм двухкомпонентных и трехкомпонентных систем, умение их применять для работы с конкретными диаграммами силикатных систем, умение интерпретировать данные физико-химических методов анализа силикатных систем.

Пример теста для зачета

Вариант 1

1. Энтальпию образования SiO_2 при 1400 °С, согласно закону Кирхгофа, следует рассчитывать по выражению:

□ 1.

$$\Delta_f H^0(\text{SiO}_2) = \Delta_f H_{298}^0(\beta - \text{кварц}) + \int_{25}^{575} c_p(\beta - \text{кварц}) dT +$$

$$+ \int_{575}^{870} c_p(\alpha - \text{кварц})dT + \int_{870}^{1400} c_p(\alpha - \text{тридимит})dT$$

□ 2.

$$\Delta_f H^0(\text{SiO}_2) = \Delta_f H_{298}^0(\beta - \text{кварц}) + \int_{298}^{848} c_p(\beta - \text{кварц})dT + \\ + \int_{848}^{1143} c_p(\alpha - \text{кварц})dT + \int_{1143}^{1673} c_p(\alpha - \text{тридимит})dT$$

□ 3.

$$\Delta_f H^0(\text{SiO}_2) = \Delta_f H_{298}^0(\beta - \text{кварц}) + \int_{298}^{848} c_p(\beta - \text{кварц})dT + \Delta_{\text{ф.п.}} H^0(\beta \rightarrow \alpha - \text{кварц}) \\ + \int_{848}^{1143} c_p(\alpha - \text{кварц})dT + \Delta_{\text{ф.п.}} H^0(\alpha - \text{кварц} \rightarrow \alpha - \text{трид.}) + \int_{1143}^{1673} c_p(\alpha - \text{тридимит})dT$$

□ 4.

$$\Delta_f H^0(\text{SiO}_2) = \Delta_f H_{298}^0(\beta - \text{кварц}) - \int_{298}^{848} c_p(\beta - \text{кварц})dT - \Delta_{\text{ф.п.}} H^0(\beta \rightarrow \alpha - \text{кварц}) \\ + \int_{848}^{1143} c_p(\alpha - \text{кварц})dT - \Delta_{\text{ф.п.}} H^0(\alpha - \text{кварц} \rightarrow \alpha - \text{трид.}) - \int_{1143}^{1673} c_p(\alpha - \text{тридимит})dT$$

2. Энтальпии образования α -тридимит и α -кристобалит равны соответственно – 216,5 и –215,64 ккал/моль. Тогда энтропия фазового перехода α -тридимит $\rightarrow$ α -кристобалит при 1470 °С равна:

□ 1. –0,248 ккал/(моль·К). □ 3. 0,261 ккал/(моль·К).

□ 2. 0,493 ккал/(моль·К). □ 4. –0,294 ккал/(моль·К).

3. Формула минерала девитрит $\text{Na}_2\text{Ca}_3[\text{Si}_6\text{O}_{16}]$ в случае ее краткой записи через соответствующие оксиды имеет вид:

□ 1. NC_2S_3 . □ 3. KC_3S_6 .

□ 2. MC_2S_4 . □ 4. NC_3S_6 .

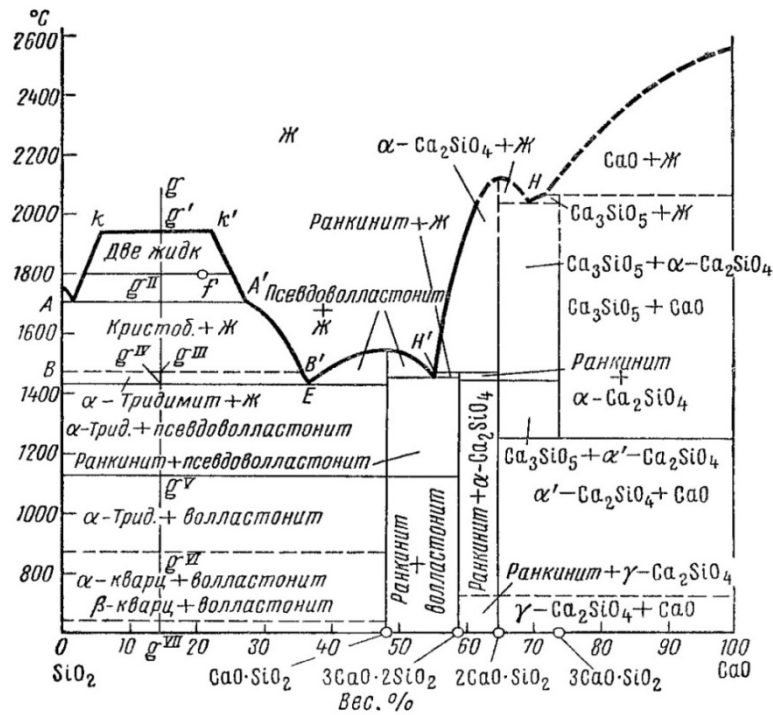
4. Согласно современной классификации силикатов, в ленточных силикатах осуществляется следующий способ сочленения кремнекислородных тетраэдров.

□ 1. Тетраэдры $[\text{SiO}_4]^{4-}$ не связаны непосредственно с другими тетраэдрами через анионы кислорода, а соединяются через катионы металлов, входящих в структуру силикатов.

□ 2. Тетраэдры $[\text{SiO}_4]^{4-}$ в них соединены общими вершинами в бесконечный ряд, образуя радикал (период повторяемости), соответствующий формуле $[\text{SiO}_3]^{2-}$.

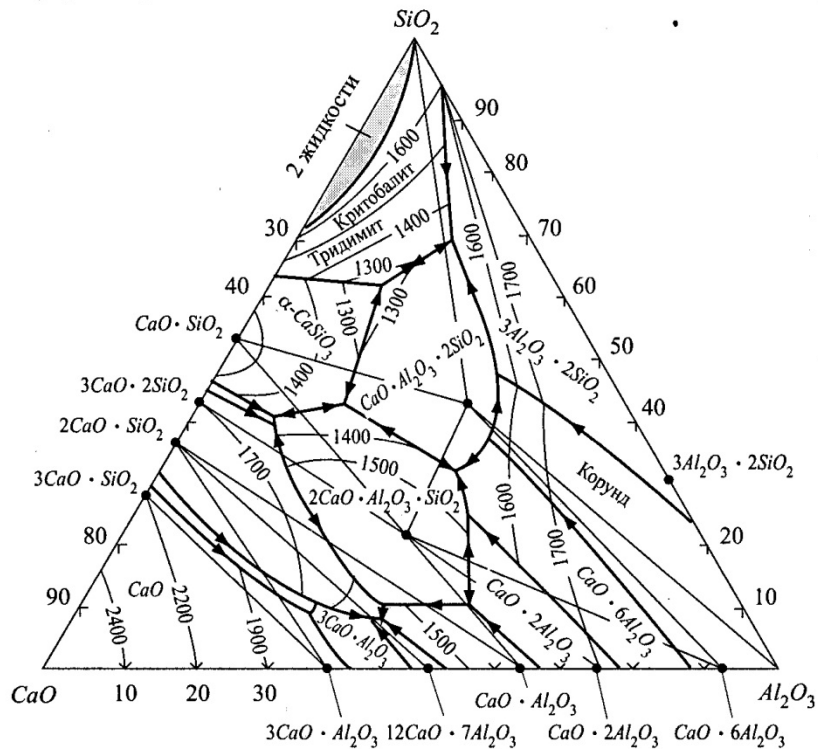
□ 3. Тетраэдры $[\text{SiO}_4]^{4-}$ в слоях соединены между собой тремя вершинами.

□ 4. Каждый тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$ соединен всеми четырьмя вершинами с четырьмя соседними тетраэдрами.



5. Определить число, род фаз и число степеней свободы в фигуративной точке f на диаграмме $\text{CaO} - \text{SiO}_2$.

- ☐ 1. В равновесии две жидкости, $F = 1$.
- ☐ 2. Твердый кристобалит и расплав, $F = 1$.
- ☐ 3. Три фазы: α -тридимит, псевдоволластонит и расплав, $F = 0$.
- ☐ 4. Твердый псевдоволластонит и расплав, $F = 1$.



6. В системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ по заданному составу исходной смеси 20 % CaO и 80 % SiO_2 определите количества твердой и жидкой фаз при 1600 °С.

- ☐ 1. 67 % твердого кристобалита и 33 % расплава.
- ☐ 2. 20 % твердого кристобалита и 80 % расплава.
- ☐ 3. 39,4 % твердого кристобалита и 60,6 % расплава.
- ☐ 4. 60,6 % твердого кристобалита и 39,4 % расплава.

7. Твердой фазой, первично выпадающей из расплава при кристаллизации системы состава 10 % Al_2O_3 , 20 % CaO и 70 % SiO_2 , является:

- ☐ 1. SiO_2 .
- ☐ 2. CaO .
- ☐ 3. Al_2O_3 .
- ☐ 4. $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.

8. Конечными продуктами кристаллизации системы состава 10 % Al_2O_3 , 20 % CaO и 70 % SiO_2 , являются:

- ☐ 1. SiO_2 , CaO и Al_2O_3 .
- ☐ 2. SiO_2 , $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ и Al_2O_3 .
- ☐ 3. Al_2O_3 , $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ и $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$.
- ☐ 4. SiO_2 , $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

9. Чему равно время выдержки при 1180 °С, которое требуется для того, чтобы произошло превращение 70 % кремнезема, содержащегося в глине, в муллит, если $k = 0,123$, а содержание SiO_2 в прокаленной глине составляет 57,7 %. Считайте, что реакция превращения SiO_2 в муллит относится к реакциям первого порядка.

- ☐ 1. 15,3 ч.
- ☐ 2. 13,28 ч.
- ☐ 3. 9,78 ч.
- ☐ 4. 20,1 ч.

10. Определить энергию активации фазового превращения в случае процесса кристаллизации стекла позволяет следующий физико-химический метод:

- ☐ 1. Дифференциальный термический анализ.
- ☐ 2. Электронная микроскопия.
- ☐ 3. Инфракрасная спектроскопия.
- ☐ 4. Рентгенофазовый анализ.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ Н.Ф. Уваров
(подпись)

«_____» _____ 20 ____ г.

2. Критерии оценки

Каждый вопрос оценивается 2 баллами.

- Ответ на зачетный тест считается **неудовлетворительным**, если он не соответствует большинству основных требований формируемых компетенций ОПК.2, ОПК. 3 и ПК.6. Студент дает менее 50% правильных ответов на вопросы теста; при ответе на вопросы не дает определений основных понятий по дидактическим единицам курса, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не приводит решения задач, или приводит неправильные решения оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если он отвечает большинству основных требований формируемой компетенции ОПК.2, ОПК. 3 и ПК.6. Студент дает не менее 50 % правильных ответов; дает основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение некоторых типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; оценка составляет 10–14 баллов.
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если он отвечает всем основным требованиям формируемой компетенции ОПК.2, ОПК. 3 и ПК.6. Студент дает более 75 % правильных ответов; дает все основные определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все основные законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, некоторые виды заданий выполнены с ошибками; оценка составляет 15–17 баллов.
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если уровень при выполнении заданий отвечает всем требованиям формируемой компетенции ОПК.2, ОПК. 3 и ПК.6. Студент дает более 90 % правильных ответов; дает все определения по темам дидактических единиц курса; знает и пишет все законы и формулы, на основании которых выводит аналитическое решение всех типовых задач, расчеты в заданиях выполнены без ошибок; оценка составляет 18–20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам теста составляет не менее 10 баллов (по 20 балльной шкале).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Соотношение баллов за текущую и промежуточную аттестацию составляют 80:20, суммарно 100 баллов.

В случае если студент набирает пограничное число баллов (суммарно по результатам текущей и промежуточной аттестаций), преподаватель проводит дополнительную беседу по вопросам (Приложение 1) и по ее результатам выставляет соответствующие баллы и итоговую оценку.

Количество баллов, полученное в результате промежуточной аттестации, суммируется с баллами, полученными за текущую аттестацию, по общей сумме которых выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы и задания к зачету по дисциплине «Физическая химия силикатов» представлены в Приложении 1 и 2 соответственно.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Физическая химия силикатов», 7 семестр

1. Методика оценки

Для выполнения РГЗ студентам предлагается три задания.

При выполнении первого задания студенты должны рассчитать энтальпию, энтропию и энергию Гиббса предлагаемой реакции с учетом всех полиморфных превращений кремнезема, соответствующих его фазовой диаграмме. На основании проведенных расчетов должен быть сделан вывод о возможности протекания процесса.

При выполнении второго задания студент должен представить фазовую диаграмму предлагаемой двухкомпонентной системе, на которой изобразить требуемые пути кристаллизации расплавов заданного состава, составить и заполнить таблицу путей кристаллизации. Провести расчет количества равновесных фаз по правилу рычага.

При выполнении третьего задания студент должен представить фазовую диаграмму предлагаемой трехкомпонентной системе, на которой изобразить требуемых путей кристаллизации расплавов заданных составов, составить и заполнить таблицу путей кристаллизации. Провести расчет количества равновесных фаз по правилу рычага.

Оцениваемыми параметрами при выполнении РГЗ являются следующие позиции: правильность и обоснованность используемого для решения задач теоретического материала; правильность предлагаемого аналитического решения задач; знание правил интерпретации фазовых диаграмм; правильное применение правил интерпретации фазовых диаграмм; умение определять качественный и количественный состав равновесных фаз по диаграммам плавкости.

2. Критерии оценки

Задание 1 оценивается 4 баллами, задания 2 и 3 – 8 баллами.

- Работа считается **не выполненной**, если она не отвечает большинству требований компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6; теоретическое содержание курса не освоено, пробелы в его освоении носят существенный характер; студент не дает основные определения; не знает основные закономерности изучаемых процессов; при решении задач использует неправильный теоретический материал, проведенное построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах выполнено некорректно, не представлены правильные формулы для аналитического решения задач, оценка составляет менее 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, отвечающему большинству требований компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6; теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера; студент дает основные определения; знает основные закономерности изучаемых процессов; при решении задач

использован правильный теоретический материал, проведено построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах, выведены правильные формулы для аналитического решения задач, оценка составляет 10–13 балла.

- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, отвечающем всем основным требованиям компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов; при решении задач использован правильный теоретический материал, проведено построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах, выведены правильные формулы для аналитического решения задач, при этом проведенные по ним расчеты содержат ошибки, оценка составляет 14–17 балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, отвечает всем требованиям компетенций ОПК.2, ОПК.3 и ПК.6; теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; студент дает все определения; знает все закономерности изучаемых процессов и правильно применяет их для описания наблюдаемых явлений; при решении задач использован правильный теоретический материал, проведено построение необходимых для решения зависимостей в графических редакторах, выведены правильные формулы для аналитического решения задач, а проведенные по ним вычисления выполнены без ошибок, оценка составляет 18–20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины. Правила формирования общей оценки по дисциплине указаны в табл. 2 (ФОС).

Количество баллов, полученное в результате выполнения РГЗ и оценки работы студентов на практических занятиях, составляющих общую сумму баллов за текущую аттестацию, суммируется с баллами, полученными за промежуточную аттестацию, по общей сумме которых выставляется общая оценка по дисциплине в соответствии с табл. 1 (Паспорт зачета).

Студенту, получившему максимальное суммарное число баллов (70 и более) в результате текущей аттестации, преподаватель вправе выставить общую оценку «отлично» без проведения процедуры промежуточной аттестации.

Если студент в течение семестра по итогам текущей аттестации не набрал минимального количества баллов (40 баллов), то он не допускается к зачету во время зачетно-экзаменационной сессии и ему предлагается изучить дисциплину повторно (частично или полностью) на платной основе. В этом случае не отменяются правила аттестации по курсу и для допуска к зачету необходимо набрать минимальное количество баллов.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Первое задание соответствует темам, рассматриваемым в дидактических единицах «Элементы химической термодинамики силикатов» и «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем», конкретно, фазовым равновесиям в однокомпонентных системах.

Второе задание соответствует темам, рассматриваемым в дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем», конкретно, фазовым равновесиям в двухкомпонентных системах.

Третье задание соответствует темам, рассматриваемым в дидактической единице «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем», конкретно, фазовым равновесиям в трехкомпонентных системах.

Форма комплекта заданий для выполнения расчетно-графической работы

по дисциплине физическая химия силикатов, 7 семестр

(наименование дисциплины)

Задание 1. Вычислите $\Delta G^{\circ}_{T,p}$ для реакции $\text{BeO} + \text{SiO}_2 (\beta\text{-кварц}) \rightarrow \text{BeO} \cdot \text{SiO}_2$ при температуре 1300 К с учетом полиморфных превращений β -кварца. На основании полученных данных сделайте вывод о возможности протекания реакции.

Задание 2. Для диаграммы состояния системы $X - \text{SiO}_2$ составьте таблицу путей кристаллизации расплавов, соответствующих составу ω , % SiO_2 . Рассчитайте процентное содержание равновесных фаз при температуре T °С.

№ варианта	X	ω , % SiO_2	T , °С
1	Na_2O (по Крачеку)	35	1050
	CaO	80	1500

Задание 3. Пользуясь диаграммой состояния системы **A**, составьте таблицу путей кристаллизации расплавов для точек смесей, лежащих в области **B**. Определите аналитически и графически составы и количества расплава и твердого вещества, выделившихся к моменту достижения конечной точки кристаллизационного пути, но до начала кристаллизации в этой точке.

№ варианта	A	B
1	$\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$	внутри треугольника $A - \text{CaS}_2 - \text{Al}_2\text{S}_3$
	$\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$	внутри треугольника $\text{CS} - \text{Na}_2\text{S}_3 - \text{Na}_2\text{S}_6$

Теоретические вопросы для текущей и промежуточной аттестации

по дисциплине физическая химия силикатов, 7 семестр

(наименование дисциплины)

Дидактическая единица: «Строение силикатных систем»

1. Сформулируйте основные особенности кристаллического состояния.
2. Дайте следующие определения: кристалл, монокристалл, поликристаллические вещества.
3. Дайте следующие определения: кристаллическая решетка, узлы кристаллической решетки, элементарная ячейка, параметрами решетки.
4. Приближение плотнейших упаковок: кубическая плотнейшая упаковка.
5. Приближение плотнейших упаковок: гексагональная плотнейшая упаковка.
6. Структуры, построенные из пространственных полиэдров.
7. Способы изображения формул силикатов.
8. Структуры с одиночными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]$ (островные структуры).
9. Структуры с группами тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ (кольцевые структуры).
10. Структуры с одномерными цепочками или лентами их тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ (цепочечные и ленточные структуры)
11. Структуры с двухмерными слоями из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ (слоистые структуры).
12. Структуры с трехмерными непрерывными радикалами из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ (каркасные структуры).
13. Производство и применение асбестов.
14. Глины и их практическое значение.
15. Классификация твердых растворов.
16. Основные представления о структуре силикатных расплавов и стекол.
17. Особенности силикатных расплавов.
18. Вязкость силикатных расплавов.
19. Поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов.
20. Гипотезы о строении стекла.
21. Особенности стеклообразного состояния и свойства силикатных стекол.
22. Строение мицеллы кремниевой кислоты.
23. Коллоидные формы кремнезема. Гели кремниевой кислоты.
24. Коллоидно-химические явления при твердении вяжущих материалов.
25. Коллоидно-химические явления в системе глина-вода.

Дидактическая единица: «Физико-химические методы исследования силикатных систем»

1. Химический фазовый анализ. Определение свободной окиси кальция в форме фенолятов кальция.
2. Химический фазовый анализ. Определение свободной окиси кальция глицератным методом.
3. Химический фазовый анализ. Определение свободной окиси кальция метило-сахаратным методом.
4. Химический фазовый анализ. Определение свободной окиси кальция фенолятным методом.
5. Химический фазовый анализ. Определение свободной окиси магния с нитратом аммония.
6. Химический фазовый анализ. Определение силикатов кальция в портландцементном клинкере.
7. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение влаги. Определение массы при прокаливании. Определение нерастворимого осадка.
8. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение оксида кремния.
9. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение оксидов кальция и магния.
10. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение оксидов железа (III), (II).
11. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение оксида алюминия.
12. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение оксидов калия и натрия.
13. ГОСТ 5382-91 Цементы и материалы цементного производства Методы химического анализа. Определение свободного оксида кальция.
14. В чем заключается сущность дифференциально-термического анализа?
15. Каково принципиальное устройство прибора для выполнения дифференциально-термического анализа?
16. Как осуществляется расшифровка кривых ДТА?
17. Природа термических эффектов минералов строительных материалов.
18. В чем заключается сущность рентгеновских методов анализа?
19. Каково принципиальное устройство прибора для съемки рентгенограмм?
20. В чем заключается качественный и количественный рентгенофазовый анализ?
21. Какова методика определения степени гидратации вяжущих веществ рентгеновским методом?
22. Теория ИК-спектроскопии.
23. Основные формы колебаний молекул.
24. Техника эксперимента ИК-спектроскопии.
25. Подготовка проб для ИК-спектроскопии.
26. Интерпретация ИК-спектров силикатных систем.
27. Колебательные спектры КР.
28. Техника эксперимента КР-спектроскопии.
29. Интерпретация КР-спектров силикатных стекол.

Задания для текущей и промежуточной аттестации
по дисциплине физическая химия силикатов, 7 семестр
(наименование дисциплины)

Дидактическая единица: «Элементы химической термодинамики силикатов»

1. Вычислите энтальпию реакции образования метасиликата кальция – CaSiO_3 (β -волластонит) из CaO и SiO_2 (β -кварца).
2. Вычислите энтальпию реакции образования метасиликата цинка ZnSiO_3 из ZnO и SiO_2 (аморф.).
3. Вычислите энтальпию реакции образования отросиликата цинка Zn_2SiO_4 из ZnO и SiO_2 (β -кварц).
4. Вычислите энтальпию реакции образования андалузита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ из SiO_2 (аморф.) и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.
5. Вычислите энтальпию реакции образования алюмотетрасиликата калия $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{SiO}_2$ из SiO_2 (β -кварц), K_2O и Al_2O_3 .
6. Вычислите энтальпию реакции образования метасиликата кальция CaSiO_3 (β -волластонит) из SiO_2 (аморф.) и CaCO_3 .
7. Вычислите энтальпию реакции образования метасиликата кальция CaSiO_3 (β -волластонит) из CaO и SiO_2 (β -кварца) при температуре 1698 К.
8. Определите энтальпию реакции получения форстерита $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ при температуре 1700 К из MgO и SiO_2 (α -кварц).
9. Определите энтальпию реакции образования клиноэнстатита $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ при температуре 1498 К из MgO и SiO_2 (β -кварц).
10. Определите энтальпию реакции образования муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ при температуре 1398 К из SiO_2 (β -кварц) и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$.
11. Определите энтальпию реакции образования геленита $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ при температуре 1598 К из SiO_2 (β -кварц), $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд) и CaO .
12. Определите энтальпию реакции образования дистена $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ при температуре 1498 К из SiO_2 (β -кварц) и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.
13. Определите энтальпию реакции образования метакаолинита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ при температуре 1100 К из SiO_2 (β -кварц) и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$.
14. Определите энтальпию реакции образования Na_2SiO_3 при температуре 1300 К из SiO_2 (β -кварц) и Na_2CO_3 (сода).
15. Вычислите энтальпию реакции образования андалузита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ из SiO_2 (β -кварц) и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд) при температуре 1250 °С.
16. Определите энтальпию реакции образования $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ (кр.) при температуре 1300 °С из SiO_2 (β -кварц) и Na_2O .
17. По энтальпиям реакции образования силиката натрия из оксидов, а также из Na_2CO_3 и SiO_2 определите энтальпию разложения карбоната натрия на Na_2O и CO_2 .
18. Используя энтальпию реакции образования CaSiO_3 (β -волластонит) из CaO и SiO_2 (β -кварц), определите теплоту образования β -волластонита из элементов, если энтальпии образования β -кварца и CaO соответственно равны 217,75 и 151,90 ккал/моль.

19. Определите изменение энтропии 1 г α -кристобалита при температуре его плавления (1986 К). Скрытая теплота плавления α -кристобалита равна 113,3 кал/г.

20. Определите изменение энтропии 1 г кварца при переходе его из β - в α - модификацию (при 846 К). Энтальпия превращения равна 3,1 кал/л.

21. Определите изменение энтропии 1 г кристобалита при переходе его из β - в α -модификацию при 210 °С, если энтальпия превращения равна 0,17 ккал/моль.

22. Определите изменение энтропии 1 моль β -кварца при нагревании его от 20 до 550 °С.

23. Вычислите изменение энтропии при нагревании 1 моль силлиманита (Al_2SiO_5) от 25 до 1000 °С.

24. Вычислите изменение энтропии при нагревании 1 моль β -кварца SiO_2 от 100 до 250 °С.

25. Вычислите изменение энтропии при нагревании 1 моль γ -тридимита от 25 до 100 °С.

26. Вычислите изменение энтропии при нагревании 1 моль γ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ от 100 до 500 °С.

27. Вычислите изменение энтропии при нагревании 1 моль β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ от 50 до 675 °С.

28. Вычислите изменение энтропии при нагревании 1 моль $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ от 25 до 1000 °С.

29. Вычислите изменение энтропии 1 моль α - Al_2O_3 (корунд) при нагревании от 1000 до 1500 К.

30. Вычислите приращение энтропии муллита $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ при нагревании его от 1000 до 1600 К.

31. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $\text{MgO} + \text{SiO}_2$ (α -кварц) $\rightarrow \text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$

при температуре 1400 К. Превращения α -кварца в другие модификации не учитывать.

32. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $\text{MgO} + \text{SiO}_2$ (β -кварц) $\rightarrow \text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$

при температуре 1300 К. Превращения β -кварца в другие модификации не учитывать.

33. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $2\text{CaO} + \text{SiO}_2$ (β -кварц) $\rightarrow \beta$ - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$

при температуре 1200 К. Полиморфных превращений SiO_2 и β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ не учитывать.

34. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $\text{CaO} + \text{SiO}_2$ (β -кварц) $\rightarrow \alpha$ - $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ (α -волластонит)

при температуре 1700 К. для α -кварца и α -тридимита взять такое же, как для β -кварца.

35. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $3\text{CaO} + 2\text{SiO}_2$ (α -кварц) $\rightarrow 3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$

при температуре 1500 К.

36. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $3\text{CaO} + 2\text{SiO}_2$ (β -кварц) $\rightarrow 3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$

при температуре 1500 К.

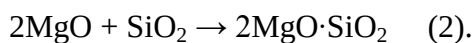
37. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $\text{BeO} + \text{SiO}_2$ (β -кварц) $\rightarrow \text{BeO}\cdot\text{SiO}_2$

при температуре 1300 К.

38. Вычислите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакции: $2\text{FeO} + \text{SiO}_2$ (α -кварц) $\rightarrow 2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$

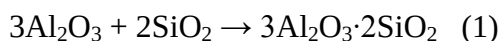
при температуре 1100 К.

39. В системе $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ известны два соединения:

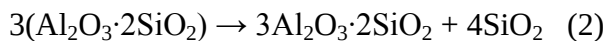


Определите значения $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакций (1) и (2) при температуре 1300 К и установить, какая из этих реакций предпочтительнее.

40. Для получения муллита были использованы в первом случае оксиды α -кварц, α - Al_2O_3 по реакции

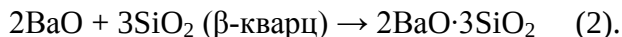
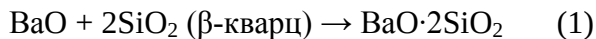


и во втором случае метакаолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$) по реакции

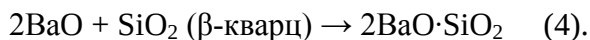
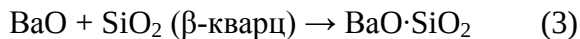


Определите $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакций (1) и (2) при температуре 1500 К. На основании полученных данных сделайте вывод, какая из этих реакций предпочтительнее.

41. В системе BaO – SiO₂ возможно образование четырех соединений:

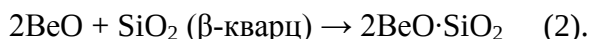
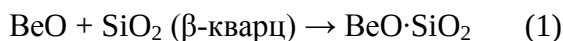


Определите значения $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакций (1) и (2) при температуре 1500 К. Установите, какая из этих реакций предпочтительнее.



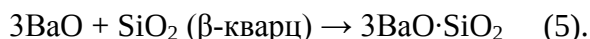
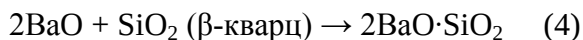
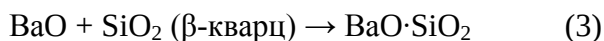
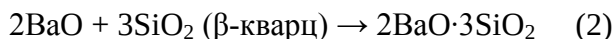
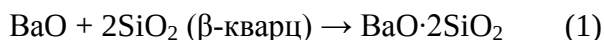
Определите значения $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакций (3) и (4) при температуре 1600 К. Установите возможность протекания этих реакций. *Ответ:* –38,96 ккал/моль; –6,39 ккал/моль.

42. В системе BeO – SiO₂ известны два соединения:



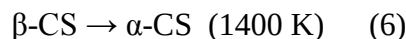
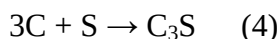
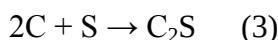
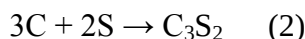
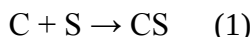
Определите значения $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакций (1) и (2) при температуре 1300 К и установите, какая из этих реакций предпочтительнее при молярном соотношении исходных компонентов BeO : SiO₂ = 1:1. Полиморфные превращения SiO₂ не учитывайте.

43. В системе BaO – SiO₂ возможно образование соединений: 2BaO·SiO₂, 2BaO·3SiO₂, BaO·SiO₂, 2BaO·SiO₂, 3BaO·SiO₂. Образование этих веществ из оксидов можно представить согласно следующим уравнениям реакций (SiO₂ принят в форме β-кварца):



Определите значения $\Delta G^\circ_{T,p}$ для реакций при температуре 1400 К. Определите, какая из реакций предпочтительнее при молярном соотношении исходных компонентов BaO : SiO₂ = 1:1.

44. В системе CaO – SiO₂ при взаимодействиях CaO с SiO₂ образуются четыре соединения: CS, C₃S₂, C₂S и C₃S и протекают полиморфные превращения:



Установите термодинамическую возможность протекания данных реакций. Найдите наиболее предпочтительную реакцию из возможных четырех, если все реакции рассматриваются при одинаковом молекулярном соотношении оксидов в исходной смеси C : S = 2 : 1.

Дидактическая единица: «Фазовые равновесия и диаграммы состояния силикатных систем»

1. На диаграмме состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ точка m отвечает составу 20 % Al_2O_3 и 80 % SiO_2 . Определите путь кристаллизации смеси, соответствующей точке m . Составьте таблицу пути кристаллизации для этого расплава.
2. На диаграмме состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ взята фигуративная точка n , отвечающая составу 70 % Al_2O_3 и 30 % SiO_2 . Определите путь кристаллизации смеси, соответствующей точке n . Составьте таблицу пути кристаллизации для этого расплава.
3. На диаграмме состояния системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ взята точка k , отвечающая составу 80 % Al_2O_3 и 20 % SiO_2 . Определите путь кристаллизации смеси, соответствующей точке k . Составьте таблицу пути кристаллизации для этого расплава.
4. Заданный состав расплава содержит 70 % Al_2O_3 и 30 % SiO_2 . Расплав охлажден до перитектической температуры 1810 °С. Определите количество расплава и твердой фазы при заданной температуре до наступления перитектической реакции и после ее окончания.
5. На диаграмме состояния $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ определите температуру для исходной смеси состава 8 % SiO_2 и 92 % Al_2O_3 , которая дает 40 % расплава при соотношении твердое : жидкое = 3:2.
6. Жидкая фаза при 1650 °С содержит 89 % SiO_2 и 11 % Al_2O_3 . Состав твердой фазы – муллита – соответствует 71,8 % Al_2O_3 и 28,2 % SiO_2 ; количество расплава – 40 вес. %. Определите состав исходной смеси.
7. Какое количество (в процентах) Al_2O_3 надо добавить к SiO_2 , чтобы температура плавления последнего понизилась на 50 и 100 °С?
8. Какое количество (в процентах) образуется жидкой фазы при добавлении 1 и 2 % Al_2O_3 к SiO_2 при эвтектической температуре E_1 ?
9. Какое количество (в процентах) надо добавить SiO_2 к чистому мулиту, чтобы смесь полностью расплавилась при температуре 1650 °С?
10. Кварциты для производства динаса по техническим условиям должны содержать не более 1,5 % Al_2O_3 . Объясните, с точки зрения фазового состава, почему установлено такое ограничение в содержании Al_2O_3 в динасовом сырье.
11. Состав расплава 75 % Al_2O_3 и 25 % SiO_2 . Определите:
 - а) составы твердого раствора и расплава при охлаждении до 1875 °С;
 - б) количество (в процентах) расплава и твердой фазы (твердого раствора) при 1875 °С.
12. Для получения высокоглиноземистых изделий составлена смесь из 50 % Al_2O_3 и 50 % силлиманита $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Какое количество (в процентах) образуется жидкой фазы при нагревании этой смеси до 1850 и 1900 °С? Какие выпадут твердые фазы и какое количество (в процентах) будет содержаться каждой фазы при охлаждении расплава до 1750 °С?
13. Состав расплава соответствует 60 % Al_2O_3 и 40 % SiO_2 . До какой температуры необходимо охладить расплав, чтобы образовалось 60 % твердой фазы, и какому составу будет соответствовать расплав при этой температуре?
14. Определить число, род фаз и число степеней свободы в фигуративной точке f на диаграмме $\text{CaO} - \text{SiO}_2$.
15. Составьте таблицу путей кристаллизации для расплава смеси состава 85 % SiO_2 и 15 % CaO (точка g) на диаграмме состояния системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2$.
16. Исходная смесь состоит из 45 % CaO и 55 % SiO_2 . Смесь нагрета до температуры 1600 °С. Сколько степеней свободы имеет система в данном состоянии? При какой температуре появляется твердая фаза для данной смеси?
17. В системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ по составам исходной смеси 45 % CaO и 55 % SiO_2 и жидкой фазы 39 % CaO и 61 % SiO_2 определите процентное содержание твердой и жидкой фаз.
18. В системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ по заданному составу исходной смеси 20 % CaO и 80 % SiO_2 определите количества твердой и жидкой фаз при 1600 °С.

19. Исходная смесь состоит из 63 % CaO и 37 % SiO₂. Сколько фаз и степеней свободы будет, если смесь нагрета до перитектической температуры?

20. Смесь состоит из 20 % CaO и 80 % SiO₂. Сколько фаз и степеней свободы будет находиться в равновесном состоянии, если эта смесь нагрета до 1455 °С?

21. Исходный расплав имеет состав из 70 % SiO₂ и 30 % CaO. Определите графически и аналитически процентное содержание твердой фазы, выделившейся при охлаждении смеси до эвтектической температуры 1436 °С (до начала кристаллизации самой эвтектики).

22. Составьте смесь в количестве 300 г из равных частей 2CaO·SiO₂ и 3CaO·2SiO₂ и определите графически и аналитически количество твердых фаз в граммах и в процентах до начала и по окончании реакции при температуре перитектической точки 1475 °С. Точка перитектики *H* соответствует составу 44,5 % SiO₂ и 55,5 % CaO.

23. Определите аналитически составы смесей, лежащих между точками 3CaO·2SiO₂ и 2CaO·SiO₂, если при температурах 1650, 1725 и 1850 °С содержание расплава составляет 35 %.

24. Для смеси состава 80 % SiO₂ и 20 % CaO определите графически температуру:

а) при соотношении

$$\frac{\text{количество жидкой фазы}}{\text{количество твердой фазы}} = \frac{5}{2};$$

б) при содержании твердой фазы 25 %.

25. Расплав состава 54 % SiO₂ и 46 % CaO взят в количестве 500 г. Определите аналитически и графически количество твердой фазы в граммах и в процентах, выделившейся при охлаждении до эвтектической температуры 1436 °С (до начала кристаллизации эвтектики).

26. При производстве динасовых огнеупоров для ускорения полиморфного превращения кварца применяется известь в качестве минерализатора. Какое количество (в процентах) жидкой фазы образуется при эвтектической температуре и добавлении 0,5; 1 и 1,5 вес.ч. CaO соответственно к 99,5; 99 и 98,5 вес.ч. SiO₂?

27. В алитовом портландцементе соотношение C₃S : C₂S должно быть больше 4. Какое отношение должно быть между исходными компонентами CaO и SiO₂, чтобы после равновесной кристаллизации расплава соотношение C₃S : C₂S было 4,3?

28. В белитовом цементе соблюдается соотношение C₃S : C₂S меньше 1. Определите состав исходной смеси, при котором C₃S : C₂S = 0,8 (после равновесной кристаллизации).

29. Состав исходного расплава соответствует 64 % CaO и 36 % SiO₂. Расплав охладили до полной кристаллизации. Определите, какой тип цемента (алитовый или белитовый) даст эта смесь.

30. Расплав состоит из 75 % SiO₂ и 25 % CaO. Какое количество (в процентах) нужно добавить к расплаву CaO, чтобы он начал кристаллизоваться при температуре 1500 °С?

31. На диаграмме системы MgO – SiO₂ для состава 50 % MgO и 50 % SiO₂ дана точка *b*; определите в ней число, род фаз и число степеней свободы.

32. Определите число, род фаз и число степеней свободы для эвтектической точки *E* на диаграмме MgO – SiO₂.

33. В системе MgO – SiO₂ по заданному составу исходной смеси 20 % Mg и 80 % SiO₂ рассчитайте количества образующихся при 1720 °С двух жидких фаз.

34. Исходный расплав имеет состав 52 % SiO₂ и 48 % MgO. Определите аналитически и графически процентное содержание твердых фаз до начала и по окончании реакции при перитектической температуре 1557 °С.

35. Определите, на сколько градусов понизится температура полного плавления форстерита 2MgO·SiO₂, если к 97 вес.ч. его добавить 3 вес.ч. SiO₂.

36. Определите температуру, до которой необходимо охладить расплав состава 50 % MgO и 50 % SiO₂, чтобы половина всего расплава оказалась в твердой фазе. В равновесии с расплавом какого состава будет находиться выкристаллизовавшаяся твердая фаза?

37. Какое количество SiO_2 надо добавить к 1 кг $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, чтобы смесь полностью расплавилась при температуре 1700°C ?

38. Определите составы смесей между 43 и 60 % SiO_2 , если при температурах 1600 , 1700 и 1800°C содержание расплава составляет 30 %.

39. При каких температурах и концентрациях жидкой фазы система невариантна?

40. Исходная смесь состава 80 % SiO_2 и 20 % MgO нагрета до температуры 1720°C . Определите составы расплавов и их процентное содержание.

41. (Графический расчет.) Для смеси состава 55 % SiO_2 и 45 % Na_2O при температуре 900°C определите графически на диаграмме $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ процентное содержание твердой фазы и расплава.

42. (Графический расчет.) На диаграмме $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ в поле кристаллизации α -тридимита определите состав исходной смеси, образующей при температуре 1100°C 40 % расплава.

43. (Аналитический расчет.) На диаграмме системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ в поле α -тридимит + жидкость определите состав исходной смеси, образующей при 1100°C 30 % расплава.

44. Для смеси массой 200 г, состава 48 % SiO_2 и 52 % Na_2O определите при 1050°C :

а) графически состав расплава, количество твердой фазы и расплава в процентах и по массе;

б) аналитически количество твердой фазы и расплава в процентах и по массе.

45. Стеклоглыба – растворимое натриевое стекло, имеет модуль 2,85. Определите графически температуру полного расплавления его, считая, что стекло не содержит никаких примесей.

46. Состав исходной смеси 70 % SiO_2 и 30 % Na_2O . Определите при 800°C процентное содержание жидкой и твердой фаз, а также их составы.

47. Расплав, состоящий из 90 % SiO_2 и 10 % Na_2O , охлажден до 1100°C . Определите (в процентах) какая часть расплава затвердела.

48. Составьте смесь из 200 г $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и 800 г $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ и для этой смеси определите при 900°C :

а) графически состав расплава, количество твердой фазы и расплава в процентах и по массе;

б) аналитически количество твердой фазы и расплава в процентах и по массе.

49. Составьте смесь из 90 г $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и 10 г SiO_2 и определите при 800°C :

а) графически состав ее фаз, процентное содержание твердой и жидкой фаз;

б) аналитически процентное содержание твердой фазы и расплава.

50. Определите графически температуру для смеси состава 88 % SiO_2 и 12 % Na_2O :

а) при соотношении

$$\frac{\text{количество жидкой фазы}}{\text{количество твердой фазы}} = \frac{3}{2};$$

б) при содержании жидкой фазы 50 %.

51. Для диаграммы состояния системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ составьте таблицу путей кристаллизации расплавов, составы которых лежат:

а) между эвтектикой $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$;

б) между эвтектикой $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$ и SiO_2 ;

в) между эвтектикой $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 - 2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ и $2\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$;

г) между $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$;

д) между $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и SiO_2 .

52. Составьте таблицу путей кристаллизации по диаграмме состояния системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ для расплавов, составы которых лежат:

- а) между $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ и $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
- б) между $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ и перитектической точкой;
- в) между CaO и $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
- г) в области ликвации;
- д) между $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$;
- е) между $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
- жс) между $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и перитектической точкой.

53. Составьте таблицу путей кристаллизации расплавов по диаграмме системы $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, составы которых лежат:

- а) между муллитом и эвтектикой $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$;
- б) в области твердого раствора;
- в) для состава 90 % Al_2O_3 и 10 % SiO_2 .

54. Составьте таблицу путей кристаллизации по диаграмме состояния системы $\text{MgO} - \text{SiO}_2$ для расплавов, составы которых лежат:

- а) между составами $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ и $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$;
- б) в области ликвации;
- в) между перитектической точкой и $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$;
- г) между перитектической точкой и эвтектикой $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$.

55. По диаграмме состояния системы $\text{Li}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ составьте таблицу путей кристаллизации для расплавов, составы которых лежат:

- а) между 85 и 100 % SiO_2 ;
- б) между $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $2\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 - \text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$;
- в) между $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ и перитектической точкой;
- г) между $2\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $2\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 - \text{Li}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$.

56. По диаграмме состояния системы $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ составьте таблицу путей кристаллизации для расплавов, составы которых лежат:

- а) между эвтектикой $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и $\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$;
- б) между эвтектикой $\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$ и SiO_2 ;
- в) между эвтектикой $\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ и $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$.

57. Составьте таблицу путей кристаллизации по диаграмме состояния системы $\text{SrO} - \text{SiO}_2$ для расплавов, составы которых лежат:

- а) между $\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$;
- б) между $2\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $2\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{SrO} \cdot \text{SiO}_2$;
- в) в области ликвации;
- г) между эвтектикой $\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$ и конечным составом области ликвации.

58. Составьте таблицу путей кристаллизации по диаграмме состояния системы $\text{BaO} - \text{SiO}_2$ для расплавов, составы которых лежат:

- а) между эвтектикой $\text{BaO} \cdot 2\text{SiO}_2 - \text{SiO}_2$ и SiO_2 ;
- б) между эвтектикой $2\text{BaO} \cdot 3\text{SiO}_2$ и эвтектикой $\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2 - 2\text{BaO} \cdot 3\text{SiO}_2$;
- в) между $2\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой $2\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{BaO} \cdot \text{SiO}_2$;
- г) в области твердого раствора.

59. Составьте таблицу путей кристаллизации по диаграмме состояния системы $\text{ZrO}_2 - \text{SiO}_2$ для расплавов, составы которых лежат:

- а) между $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ и эвтектикой твердый раствор $\text{ZrO}_2 - \text{SiO}_2$;
- б) между ZrO_2 и твердым раствором ZrO_2 ;
- в) в области ликвации и тем же твердым раствором справа и слева от области ликвации.

60. Составьте таблицу путей кристаллизации по диаграмме состояния системы $\text{TiO}_2 - \text{SiO}_2$ для расплавов, составы которых лежат:

- а) 85 % SiO_2 и 15 % TiO_2 ;
- б) 80 % TiO_2 и 20 % SiO_2 ;
- в) 40 % TiO_2 и 60 % SiO_2 .

61. Тройная смесь имеет состав, в %: $C - 10$; $A - 65$ и $S - 25$. Определите аналитически количества расплава и твердых фаз, выделившихся к моменту достижения конечной точки кристаллизационного пути, но до начала кристаллизации в этой точке. Определите также составы жидкой фазы и твердого вещества. Результаты подтвердите графически.

62. Тройная смесь имеет состав, в %: $C - 58$; $A - 6$ и $S - 36$. Определите аналитически количества, а также составы расплавов и твердых веществ, выделившихся к моменту достижения на пути кристаллизации по граничной кривой и к моменту достижения конечного состава расплава, но до начала кристаллизации последнего. Результаты подтвердите графически.

63. На изотерме 1400°C поля первичной кристаллизации CS даны две точки составов расплава, находящегося в равновесии с твердым CS . Определите для них аналитически и графически валовые составы смесей, образующих при этой температуре 35 % расплава.

64. Состав расплава соответствует точке 22 на диаграмме $C - A - S$. Количество расплава 35 % (расплав точки 22 кристаллизаться еще не начал). Определите в поле кристаллизации A_3S_2 состав исходной смеси, если с начала пути кристаллизации выделилась твердая фаза состава 50 % S и 50 % A . Результаты представьте аналитически и графически.

65. Состав расплава изображается точкой 21. На диаграмме $C - A - S$ количество расплава 65 % (расплав точки 21 кристаллизаться еще не начал). Определите аналитически и графически в поле CS состав исходной смеси, если с начала пути кристаллизации выделилась твердая фаза состава 40 % C и 60 % S .

66. Состав исходной смеси, в %: $\text{SiO}_2 - 85$; $\text{CaO} - 10$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 5$, количество расплава 40 %. Установите род твердой фазы, определите состав расплава и равновесную температуру системы.

67. Состав исходной смеси, в %: $\text{SiO}_2 - 20$; $\text{CaO} - 5$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 75$. Смесь нагрета до температуры, при которой образовалось 5 %. Установите род твердой фазы, определите состав расплава и температуру, до которой нагрета смесь.

68. На диаграмме состояния системы $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ взяты две смеси:

I. 10 % Al_2O_3 ; 80 % SiO_2 ; 10 % CaO ;

II. 5 % Al_2O_3 ; 10 % SiO_2 ; 85 % CaO .

Каждая из этих смесей нагрета до температуры, при которой образовалось по 50 % расплава. Установите род твердых фаз. Определите составы расплавов и температуры, до которых нагреты эти смеси.

69. Сравните ожидаемую стойкость огнеупоров к флюсующему действию шлака состава 55 % CaO , 35 % SiO_2 и 10 % Al_2O_3 , считая, что шлака взаимодействовало 15 % (т.е. определите и сравните количества и составы твердой и жидкой фаз) при 1600 и 1700°C . Огнеупоры имеют следующие составы:

I. 28 % Al_2O_3 ; 72 % SiO_2 ;

II. 48 % Al_2O_3 ; 52 % SiO_2 .

70. Химический состав каолина (вес. %): $\text{SiO}_2 - 49,09$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 37,75$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,25$; $\text{CaO} - 1,0$; $\text{K}_2\text{O} -$

0,6; п.п.п. – 12,44. Приведите состав каолина к трехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и ориентировочно определите температуру полного плавления каолина.

71. Лантенская огнеупорная глина имеет химический состав (вес. %): $\text{SiO}_2 - 50,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 34,0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,8$; $\text{CaO} - 0,8$; $\text{MgO} - 0,3$; $\text{K}_2\text{O} - 1,1$; п.п.п. – 13,0. Приведите состав этой глины к трехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и ориентировочно определите температуру полного плавления глины.

72. Часовая глина марки Ч–О имеет химический состав (вес. %): $\text{SiO}_2 - 52,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 34,0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,8$; $\text{CaO} - 1,4$; $\text{MgO} - 0,5$; $\text{K}_2\text{O} - 2,9$; п.п.п. – 8,4. Приведите состав этой глины к трехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и ориентировочно определите температуру полного плавления глины.

73. Заданный состав портландцементного клинкера (вес. %): $\text{SiO}_2 - 20,73$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 6,83$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 3,80$; $\text{CaO} - 54,04$; $\text{MgO} - 2,23$. Приведите этот состав к трехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и определите количество расплава в конце кристаллизационного пути (до начала кристаллизации в конечной инвариантной точке).

74. Динасовый огнеупор Первоуральского завода имеет следующий состав (вес. %): $\text{SiO}_2 - 95,3$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,28$; $\text{CaO} - 3,1$. Приведите состав этого огнеупора к трехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и постройте жидкостную кривую в интервале от эвтектической температуры до 1600°C , определите количества расплава на всех изотермах.

75. Сырьевая смесь для портландцементного клинкера состоит из 75 % известняка и 25 % глины. Приведенные к системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ составы известняка (вес. %): $\text{CaO} - 96,0$; $\text{SiO}_2 - 3,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,0$; глины (вес. %): $\text{SiO}_2 - 81,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 17,0$ и $\text{CaO} - 2,0$. Определите количества твердой и жидкой фаз при 1450°C .

76. Для производства динаса применяется кварцит состава (вес. %): $\text{SiO}_2 - 98,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,0$; $\text{CaO} - 1,0$. Определите допустимое количество добавки CaO к смеси, чтобы при эвтектической температуре образовалась не более 15 % расплава. Результаты представьте графически и аналитически.

77. Шихта для шамотных огнеупоров изделий класса «А» состоит из 80 % каолинового шамота и 20 % латненской глины. Химический состав материалов приведен в таблице:

Материал	Содержание, %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	п.п.п.
Каолин положский	46,09	37,75	1,25	1,0	–	0,6	12,44
Глина латненская	54,98	31,86	1,28	0,69	1,12	2,18	9,23

Приведите состав этого огнеупора к трехкомпонентной системе $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ и определите количество твердой и жидкой фаз при температурах 1500 , 1600 и 1700°C . Найдите также составы жидкой фазы при указанных температурах.

78. Для производства динаса применяется кварцит состава (вес. %): $\text{SiO}_2 - 98,5$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,0$; $\text{CaO} - 0,5$. Определите количества расплава, образовавшегося при температурах 1400 , 1500 и 1600°C , если в динасовую массу при производстве этого огнеупора добавить в качестве связки и минерализатора 2 % CaO . Результаты представьте графически и аналитически.

79. Определите количество жидкой фазы при 1338°C для портландцементного клинкера состава (вес. %): $(\text{CaO} + \text{SiO}_2) - 92,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 6,0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,0$.

80. Определите количество жидкой фазы при 1338 и 1450°C для портландцементного клинкера состава (вес. %): $(\text{CaO} + \text{SiO}_2) - 88,1$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 6,9$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 5,0$.

81. Определите количество жидкой фазы и твердых фаз при 1400 и 1450°C в портландцементном

клинкере состава (вес %): $(\text{CaO} + \text{SiO}_2) - 89,0$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 7,0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 4,0$.

82. Соотношение $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3$ в цементном клинкере равно 1,2; количество Al_2O_3 составляет 6 %. Определите количество жидкой фазы при 1400 и 1450 °С.

83. Содержание $(\text{CaO} + \text{SiO}_2)$ в клинкере составляет 87 %, весовое соотношение – $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,2$, а содержание $\text{Al}_2\text{O}_3 - 8$ %. Определите количества жидкой и твердой фаз при температурах 1338 и 1450 °С.

84. Содержание $(\text{CaO} + \text{SiO}_2)$ в клинкере составляет 88 %, весовое соотношение – $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,25$, а содержание $\text{Al}_2\text{O}_3 - 8$ %. Рассчитайте количества жидкой и твердой фаз при температурах 1338, 1400 и 1450 °С.

85. Состав исходного расплава (вес. %): $\text{CaO} - 40$; $\text{MgO} - 40$; $\text{SiO}_2 - 20$. Найдите аналитически количество расплава и твердого вещества, выделившихся к моменту достижения конечной точки кристаллизационного пути, но до начала кристаллизации в этой точке. Определите также составы жидкой фазы и твердого вещества, а также фазовый состав последнего. Результат подтвердите графически.

86. Исходный расплав состоит из 300 г двухкальциевого силиката $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и 100 г мервинита $3\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$. Расплав охлажден до точки двойного опускания 1575 °С без реакции в ней. Определите процентное содержание выкристаллизовавшегося твердого вещества и оставшегося расплава, а также их составы. Результаты представьте аналитически и графически.

87. Смесь, содержащую 100 г диопсида $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ и 400 г форстерита $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$, нагрели до температуры в точке пересечения пограничной кривой с соединительной прямой $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 - \text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$. Определите количество расплава, который образуется при этой температуре, и его состав.

88. Состав исходного расплава (вес. %): $\text{FeO} - 75$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 20$; $\text{SiO}_2 - 5$. Определите: а) количество жидкой фазы и твердого вещества, а также их составы и фазовый состав твердого вещества при окончании кристаллизационного пути, но до начала кристаллизации в точке конца пути; б) количество расплава и твердого вещества, а также их составы, фазовый состав твердого вещества при охлаждении исходного расплава до 1300 и 1400 °С.

89. Состав расплава (вес. %): $\text{Al}_2\text{O}_3 - 30$; $\text{SiO}_2 - 30$; $\text{FeO} - 40$. Равновесная температура 1500 °С. Количество твердого вещества 60 %. Определите состав исходной смеси.

90. Дана смесь, состоящая из 30 г Al_2O_3 , 60 г FeO и 10 г SiO_2 . Смесь нагрета до 1600 °С. Расплавится ли полностью смесь при этой температуре?

100. Даны составы двух смесей (вес. %):

I. 50 % FeO ; 30 % Al_2O_3 ; 20 % SiO_2 ;

II. 20 % FeO ; 50 % Al_2O_3 ; 30 % SiO_2 .

Определите температуру полного плавления этих смесей и установите, какая из них плавится при более низкой температуре.

101. Состав исходной смеси (вес. %): $\text{FeO} - 42$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 50$; $\text{SiO}_2 - 8$. Смесь нагрета до температуры, при которой образовалось 40 % расплава. Определите температуру, до которой нагрета смесь, а также составы расплава и твердой фазы, находящиеся в равновесии при этой температуре.

102. Известково-натриевое стекло имеет состав (вес. %): $\text{SiO}_2 - 74,0$; $\text{Na}_2\text{O} - 16,0$; $\text{CaO} - 10,0$. Определите, при какой равновесной температуре полностью расплавится эта шихта.

103. Известково-натриевое стекло имеет состав (вес. %): $\text{SiO}_2 - 75,0$; $\text{Na}_2\text{O} - 15,0$; $\text{CaO} - 10,0$. Определите количество CaO (в %), которое нужно заменить на Na_2O при постоянном содержании SiO_2 , чтобы равновесную температуру полного плавления шихты понизилась на 50 и на 100 °С?

104. Состав стекла (вес. %): $\text{SiO}_2 - 75,0$; $\text{Na}_2\text{O} - 15,0$; $\text{CaO} - 10,0$. На сколько градусов понизится равновесная температура полного плавления шихты, если заменить 5 % CaO на 5 % Na_2O ?

105. Состав стекла (вес. %): $\text{SiO}_2 - 73,0$; $\text{Na}_2\text{O} - 14,0$; $\text{CaO} - 13,0$. При какой температуре стекло расплавится полностью? На сколько градусов изменится равновесная температура плавления при замене 3 вес. % Na_2O на 3 вес. % SiO_2 ? На сколько градусов повысится температура полного

плавления шихты при замене 5 вес. % Na_2O на 5 вес. % CaO ?

106. В составе исходных стекол содержится 75 % SiO_2 , а CaO и Na_2O в переменных соотношениях. Какое соотношение $\text{Na}_2\text{O} : \text{CaO}$ должно быть, чтобы стекло полностью расплавилось при температурах 1200, 1300 и 1400 °С.

107. Смесь, состоящая из 80 % SiO_2 , 10 % Na_2O и 10 % CaO , нагрета до 1300 °С. Будут ли при этой температуре существовать твердая фаза и какая?

108. На изотерме 1100 °С в поле кристаллизации NC_2S_3 взяты две точки расплавов, находящихся в равновесии с твердым NC_2S_3 . Вычислите для них валовые составы исходных смесей, образующих при этой температуре 30 % расплава. Результаты представьте графически и аналитически.

109. Приготовлена смесь из 100 г Na_2O , 100 г CaO и 300 г SiO_2 и нагрета до температуры 1100 °С. Сохранится ли при этой температуре твердое вещество и какого состава?

110. Состав исходной смеси (вес. %): Na_2O – 10; SiO_2 – 45; FeO – 45. Определите количество расплава и твердого вещества, выделившегося с начала пути кристаллизации к моменту достижения пограничной кривой. Найдите также составы жидкой фазы и твердого вещества.

111. Состав расплава отвечает точке двойного подъема при 724 °С, твердое вещество $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$, количество твердого вещества 60 %. Определите состав исходной смеси.

112. Расплав состоит из 60 г SiO_2 , 30 г Na_2O и 10 г FeO . Определите, какое твердое вещество первично выделится при охлаждении расплава. Какое количество расплава и твердого вещества будет при достижении расплавом пограничной кривой, какой состав расплава и твердого вещества, а также фазовый состав последнего в конечной точке кристаллизационного пути, но до начала кристаллизации в последней? **1.** Смесь состоит из 200 г Al_2O_3 , 200 г SiO_2 и 600 г ZnO . Определите температуру, при которой смесь полностью расплавится.

113. Смесь, состоящая из 15 % Al_2O_3 , 15 % SiO_2 и 70 % ZnO , нагрета до 1600 °С. Будет ли при этой температуре существовать твердая фаза, какого состава и в каком количестве?

114. Расплав, состоящий из 20 % Al_2O_3 , 70 % SiO_2 и 10 % ZnO , охлажден до равновесной температуры 1500 °С. Какая при этом появится твердая фаза и каково ее процентное содержание?

115. Состав исходной смеси (вес. %): SiO_2 – 40; Al_2O_3 – 40; ZrO_2 – 20. Какое количество ZrO_2 нужно заменить на Al_2O_3 , чтобы полученная смесь полностью расплавилась при 1800 °С?

116. Состав исходного расплава (вес. %): SiO_2 – 10; Al_2O_3 – 60; ZrO_2 – 30. Какой будет состав твердого вещества и какое количество его будет содержаться, если охладить расплав до эвтектической температуры, но до начала кристаллизации в точке эвтектики?

117. Смесь состоит из 200 г SiO_2 , 200 г Al_2O_3 и 100 г ZrO_2 . Как и на сколько градусов изменится температура полного плавления этой смеси (повысится или понизится), если заменить 5 % Al_2O_3 на 5 % SiO_2 при сохранении постоянного содержания ZrO_2 в смеси?

118. Фарфоровая масса для высоковольтных изоляторов состоит из сырья (вес. %): глуховецкий каолин – 33; часовярская глина – 17; кварцевый песок – 24; пегматит мариупольский – 26. Химический состав отдельных компонентов приведен в таблице:

Материал	Содержание, %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	п.п.п.
Каолин глуховецкий	46,09	37,75	0,75	1,0	0,5	0,6	12,44
Глина часовярская	54,98	31,86	1,28	0,69	1,12	2,18	9,23
Песок кварцевый	98,7	0,3	0,05	0,25	0,13	0,0	0,2
Пегматит мариупольский	64,56	18,01	0,60	2,20	1,45	10,48	3,12

Приведите содержание компонентов исходной массы к диаграмме состояния трехкомпонентной

системы $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$ и определите количества жидкой фазы и твердого вещества, а также их составы при $1300\text{ }^{\circ}C$.

119. На изотерме $1200\text{ }^{\circ}C$ в поле SiO_2 взят состав расплава, находящийся в равновесии с твердым SiO_2 . Определите состав исходной смеси, если количество расплава составляет 25 %.

120. Смесь состава (вес. %): $SiO_2 - 60$; $Al_2O_3 - 20$; $K_2O - 20$ нагрета до температуры, при которой образовалось 30 % расплава. Определите состав расплава и температуру, до которой нагрета смесь.

121. Смесь состоит из 70 % ортоклаза $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ и 30 % $K_2O \cdot 2SiO_2$. Определите количество расплава, которое образуется при нагревании смеси до $1100\text{ }^{\circ}C$ и каков его состав.

122. Смесь, содержащая 100 г ортоклаза $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ и 300 г кварца SiO_2 , нагрета до $1500\text{ }^{\circ}C$. Сохранится ли при этой температуре твердое вещество?

123. Расплавится ли полностью смесь, содержащая 400 г лейцита $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ и 100 г $K_2O \cdot SiO_2$ при нагревании ее до $1400\text{ }^{\circ}C$?

124. Расплав состава (вес. %): $K_2O - 20$; $CaO - 10$ и $SiO_2 - 70$ охлажден до $1000\text{ }^{\circ}C$. Какие при этом появятся твердые фазы, состав твердого вещества и какое количество расплава останется?

125. Смесь, содержащую 200 г $K_2O \cdot 2CaO \cdot 9SiO_2$ и 300 г SiO_2 , нагрели до $1300\text{ }^{\circ}C$. Сколько и какая твердая фаза останется при этой температуре?

126. Смесь, приготовленная из 100 г K_2O , 100 г CaO и 800 г SiO_2 , нагрета до $1200\text{ }^{\circ}C$. Сохранится ли при этой температуре твердая фаза, какая и в каком количестве?

127. Запальные свечи из тальково-глинистой массы имеют состав (вес. %): $MgO - 18,0$; $Al_2O_3 - 22,0$; $SiO_2 - 60,0$. Определите количество расплава, возникающего в эвтектической точке при $1400\text{ }^{\circ}C$ (эвтектический расплав не начинает кристаллизоваться) при обжиге этих изделий.

128. Сравните ожидаемую стойкость шпинельного огнеупора к флюсующему действию расплава состава (вес. %): $Al_2O_3 - 30,0$; $SiO_2 - 30,0$; $MgO - 40,0$, считая, что 10 % расплава взаимодействует с огнеупором. Сравнение сделайте для температур 1700 и $1800\text{ }^{\circ}C$.

129. Огнеупор, содержащий 90 % MgO , взаимодействовал с 10 % расплава, отвечающего кордиериту $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$. Определите в продукте взаимодействия количества расплава при температуре $1900\text{ }^{\circ}C$.

130. Пользуясь диаграммой состояния системы $CaO - Al_2O_3 - SiO_2$, составьте таблицу путей кристаллизации расплавов для точек смесей, лежащих:

- 1) внутри треугольника $A - CAS_2 - A_3S_2$;
- 2) на изотерме $1600\text{ }^{\circ}C$ в поле кристаллизации CA_6 ;
- 3) в поле кристаллизации C_3S ;
- 4) в поле кристаллизации C_3S_2 ;
- 5) внутри треугольника $CA_2 - CA_6 - C_2AS$;
- 6) на изотерме $1600\text{ }^{\circ}C$ в поле кристаллизации Al_2O_3 ;
- 7) в поле кристаллизации C_2AS ;
- 8) в треугольнике $C_2S - C_2AS - C_3S_2$;
- 9) на изотерме $1400\text{ }^{\circ}C$ в поле кристаллизации анортита (CAS_2);
- 10) на изотерме $1800\text{ }^{\circ}C$ в поле кристаллизации Al_2O_3 ;
- 11) в треугольнике $A - CAS_2 - CA_6$;
- 12) на изотерме $1700\text{ }^{\circ}C$ в поле кристаллизации муллита A_3S_2 ;
- 13) на изотерме $1400\text{ }^{\circ}C$ в поле кристаллизации α -тридимита;
- 14) в области ликвации.

131. Пользуясь диаграммой состояния системы $MgO - Al_2O_3 - SiO_2$, составьте таблицу путей кристаллизации расплавов для точек смесей, лежащих:

- 1) внутри треугольника $A_3S_2 - MA - M_4A_5S_2$;
- 2) внутри треугольника $A_3S_2 - M_2A_2S_5 - M_4A_5S_2$;
- 3) на изотерме $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поле кристаллизации кордиерита;
- 4) в поле корунда выше линии $A_3S_2 - M_4A_5S_2$;
- 5) в области ликвации;
- 6) в поле кристаллизации сапфирина;
- 7) на изотерме $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ в области кристаллизации муллита A_3S_2 ;
- 8) в треугольнике $MA - M_4A_5S_2 - M_2A_2S_5$;
- 9) внутри треугольника $MS - M_2A_2S_5 - S$;
- 10) в треугольнике $M_2S - M_2A_2S_5 - MS$;
- 11) в поле кристаллизации клиноэнстатита.

132. Пользуясь диаграммой состояния системы $Na_2O - CaO - SiO_2$, составьте таблицу путей кристаллизации расплавов для точек смесей, лежащих:

- 1) внутри треугольника $CS - NC_2S_3 - NC_3S_6$;
- 2) на изотерме $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поле кристаллизации NC_3S_6 ;
- 3) внутри треугольника $NS_2 - NC_2S_3 - NC_3S_6$;
- 4) на изотерме $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поле кристаллизации α -CS;
- 5) в поле кристаллизации N_2CS_3 ;
- 6) в поле кристаллизации NS_2 ;
- 7) в поле кристаллизации α -CS на изотерме $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 8) в поле кристаллизации NC_3S_6 между изотермами 900 и $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 9) содержащих 75% SiO_2 , 16% Na_2O и 9% CaO ;
- 10) содержащих 60% SiO_2 , 20% Na_2O и 20% CaO ;
- 11) содержащих 60% SiO_2 , 10% Na_2O и 30% CaO ;
- 12) на соединительной прямой $NC_3S_6 - NS_2$ в поле кристаллизации α -CS;
- 13) на изотерме $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поле кристаллизации α -тридимита.

133. Пользуясь диаграммой состояния системы $K_2O - Al_2O_3 - SiO_2$, составьте таблицу путей кристаллизации расплавов для точек смесей, лежащих:

- 1) внутри треугольника $KS_4 - KAS_6 - S$;
- 2) внутри треугольника $A_3S_2 - KAS_6 - S$ в поле кристаллизации муллита A_3S_2 ;
- 3) внутри треугольника $KAS_2 - KAS_4 - KS_2$;
- 4) в поле кристаллизации KAS_6 ;
- 5) на изотерме $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поле кристаллизации KAS_4 ;
- 6) на изотерме $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ в поле кристаллизации KAS_6 .

134. Пользуясь диаграммой состояния системы $MgO - CaO - SiO_2$, составьте таблицу путей кристаллизации расплавов для точек смесей, лежащих:

- 1) в поле кристаллизации C_3MS_2 ;
- 2) в поле кристаллизации CMS ;
- 3) в поле кристаллизации C_2S ;
- 4) внутри треугольника $M_2S - C_2MS_2 - CMS$;

- 5) внутри треугольника $CS - C_2MS_2 - C_3S_2$;
 6) внутри треугольника $C_3MS_2 - CMS - M$.

Дидактическая единица: «Механизм и последовательность реакций в смесях твердых веществ»

1. Исследовалась кинетика образования муллита ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) при температуре $1180^\circ C$. Установлено, что за время 13,28 часа 80 % глинозема, содержащегося в прокаленной глине, превращается в муллит. Исходное содержание Al_2O_3 в прокаленной глине – 37,5 %. Считая, что реакция превращения Al_2O_3 в муллит относится к реакциям первого порядка, вычислите константу скорости этого процесса.

2. Известно, что процесс взаимодействия соды (Na_2CO_3) с двуокисью кремния (SiO_2) при температуре $820^\circ C$ протекает в диффузионной области реагирования. Определите кинетическое уравнение, которое наиболее точно описывает кинетику данного процесса, и оцените константу скорости. Данные по зависимости степени превращения двуокиси кремния в продукт реакции во времени приведены в таблице.

t, мин	41,5	49,0	58,0	67,0	77,0	84,5	92,0	99,5	108,5
α	0,246	0,266	0,288	0,307	0,328	0,342	0,355	0,369	0,382

3. Определены константы скорости реакции твердофазного взаимодействия $BaCO_3$ и SiO_2 при температурах 1073 и $1143^\circ C$ при постоянном радиусе частиц и одинаковой длительности процесса: $k_1 = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ мин}^{-1}$ и $k_2 = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$. Определите значения предэкспоненциального множителя и энергии активации этого процесса; оцените область реагирования.

4. При температуре $800^\circ C$ изучалась кинетика взаимодействия соды с двуокисью кремния. При соотношениях $c(SiO_2) : c(Na_2CO_3) = 2 : 1$ степень превращения SiO_2 во времени изменялась так, как представлено в таблице.

t, мин	117	126	135	155	171	189	200	212
α	0,1910	0,2045	0,2120	0,2183	0,2320	0,2388	0,2460	0,2525

Процесс протекает в диффузионной области реагирования и может быть описан как уравнением Гинстлинга-Броунштейна, так и уравнением Яндера. Определите константу скорости данного процесса по этим уравнениям. Какое из них более точно описывает кинетику данного процесса?

5. Используя степень превращения SiO_2 во времени, покажите, что кинетика образования силикатов в системе $CaO - SiO_2$ описывается уравнением Яндера и оцените константу скорости данного процесса.

t, час	0,25	0,50	1,00	3,00	6,00	9,00
α, %	56,25	65,70	70,00	76,57	88,00	91,40

6. Константа скорости реакции полиморфного превращения $\alpha-SiO_2$ в высокотемпературные модификации при размере зерен 0,39 мм определялась при разных температурах. Получено, что при $T_1 = 1573 \text{ K}$ константа скорости равна $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$, а при $T_2 = 1673 \text{ K}$ – $6,0 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$. Определите значения предэкспоненциального множителя и энергии активации этого процесса; оцените область реагирования.

7. Рассчитайте, сколько негашеной комовой извести получится при обжиге 120 т чистого известняка влажностью 8 %.

8. Определите количество негашеной комовой извести, которое можно получить при обжиге 300 т чистого известняка влажностью 12 %.

9. Сколько можно получить негашеной комовой извести из 150 т известняка влажностью 9 % при содержании в нем 15 % песчаных и других примесей?

10. Рассчитайте количество негашеной комовой извести, получаемой при обжиге 160 т известняка

влажностью 10 %, содержащего песчаные и другие примеси в количестве 13 %.

11. Какое количество известняка необходимо подвергнуть обжигу, чтобы получить 200 т негашеной комовой извести? Известняк имеет влажность 12 % и содержит песчаные и другие примеси в количестве 16 %.

12. Определите массу воздушной извести, полученной при обжиге 30 т известняка, имеющего влажность 9 % при содержании 15 % песчаных и других примесей.

13. Определите количество сухой гидратной извести (пушонки), полученной при гашении 20 т негашеной комовой извести, имеющей активность (содержание CaO) 75 %.

14. Рассчитайте, сколько негашеной комовой извести активностью (содержание CaO) 90 % следует подвергнуть гашению, чтобы получить 120 т сухой гидратной извести (пушонки).

15. Рассчитайте количество известкового теста, которое можно получить из 30 т негашеной комовой извести активностью (содержание CaO) 75 %. Известковое тесто имеет среднюю плотность 1400 кг/м^3 , а содержание воды в нем составляет 55 %.

16. Какой объем известкового теста будет получен при гашении 30 т негашеной извести, если активность извести (содержание CaO) 75 %, содержание воды в известковом тесте 45 %, а его средняя плотность 1350 кг/м^3 .

17. Какое количество гипсового камня необходимо подвергнуть термической обработке в варочном котле, чтобы получить 14 т строительного гипса? Гипсовый камень имеет влажность 7 % и содержит 13 % песчаных и глинистых примесей.

18. Рассчитайте количество строительного гипса, которое можно получить, подвергая термической обработке в варочном котле 25 т гипсового камня влажностью 10 %, содержащего 85 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 15 % песчаных и глинистых примесей.

19. Гипсовый камень в количестве 20 т подвергается термической обработке в варочном котле. Рассчитайте количество строительного гипса, которое получается при этом, если влажность 5 %, содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 86 %, а песчаных и глинистых примесей 14 %.

20. Рассчитайте количество гипсового камня, имеющего влажность 7 %, содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 83 %, глинистых и песчаных примесей 17 %, которое необходимо для получения после термической обработки в варочных котлах 120 т строительного гипса.

21. Определите количество оксида магния, которое можно получить при полном обжиге 30 т чистого магнезита с влажностью 10 %.

22. Рассчитайте, сколько MgO получится из 50 т магнезита с влажностью 8 %. Содержание в магнезите песчаных и других примесей 15 %.

23. Доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) обжигают при 800°C . Определите количество негашеной магнезиальной комовой извести, которое можно получить при обжиге 150 т доломита с влажностью 8 %.

24. Рассчитайте, сколько негашеной магнезиальной комовой извести можно получить из 75 т доломита с влажностью 9 % при содержании в нем 15 % песчаных и других примесей.

25. Определите количество сухой гидратной извести (пушонки), полученной при гашении 40 т негашеной комовой извести, имеющей активность (содержание CaO) 75 %.