

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова
Российской академии наук
(ИХС РАН)**

199034, Санкт-Петербург
наб. Макарова д. 2
тел.: (812) 328-07-02
факс: (812) 328-22-41
E-mail: ichsran@isc.nw.ru

ИНН 7801019101
КПП 780101001
ОГРН 1037800041399

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИХС РАН, д.т.н.



И.Ю. Кручинина

«01» сентября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**«ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ»**

Б1.В.ОД.1

Направление подготовки: 18.06.01 Химическая технология

Направленность подготовки: Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Вариативная часть ООП (обязательные дисциплины)

Трудоёмкость в зачётных единицах: 6

Форма промежуточной аттестации:

кандидатский экзамен

Санкт-Петербург
2020

Рабочая программа дисциплины «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, Уровень высшего образования - Подготовка кадров высшей квалификации, Направление подготовки 18.06.01 - Химическая технология, утвержденного Приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 года № 883 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 25.08.2014 регистрационный № 33815) с изменениями и дополнениями от 30 апреля 2015 и учебным планом программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ИХС РАН по направлению подготовки кадров высшей квалификации 18.06.01 - Химическая технология.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины – углубленное изучение научных основ технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Основными задачами дисциплины является изучение:

- основополагающих разделов химии твердого тела, физики конденсированного состояния, физической химии силикатов и других тугоплавких неметаллических соединений, фундаментальных закономерностей взаимосвязи состава, структуры и свойств материалов на основе тугоплавких соединений;
- общих принципов технологии материалов из тугоплавких соединений;
- особенностей химической технологии керамики, стекла и огнеупоров.
- технологических особенностей использования этих материалов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

- 2.1. Учебная дисциплина (модуль) «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» относится к Вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)».
- 2.2. Трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц (з.е.) или 216 академических часов (час), в том числе: 56 час аудиторных занятий, 124 час самостоятельной работы, 36 ч. - контроль.
- 2.3. Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при изучении дисциплин: Неорганическая химия; Сопротивление материалов; Физика твердого тела; Термодинамика; Коллоидная химия; Физическая химия; Строение вещества.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций

Код компетенции	Знания, умения, владения	
ОПК-1 способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий	<i>Знать</i>	Технологии современного химического материаловедения
ОПК-2 Владение культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	<i>Знать</i>	Источники научно-технической информации в области химических технологий, находящиеся в сети «Интернет»
	<i>Уметь</i>	Использовать научные достижения в области химических технологий, содержащиеся в научно-технической литературе и источниках НТИ из сети «Интернет»
	<i>Владеть</i>	Культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе поиском и навыками работы с источниками научно-технической информации с использованием сети «Интернет»
ОПК-3 Способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований	<i>Уметь</i>	Анализировать и обобщать результаты выполненных научных исследований
	<i>Владеть</i>	Навыком публичного представления результатов выполненной научной работы
ОПК-4 Способность и готовность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области химической технологии с учетом правил соблюдения авторских прав	<i>Знать</i>	Современные методы исследования и тенденции их развития в мире в области химической технологии
	<i>Уметь</i>	Выделять и систематизировать основные идеи в научных источниках.
ПК-1 способностью и готовностью к проведению научных исследований в области конструкционных и/или функциональных силикатных и тугоплавких неметаллических материалов	<i>Знать</i>	Методы получения и особенности конструкционных и функциональных керамических материалов; Современные методы контроля качества в технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
	<i>Уметь</i>	Осуществлять выбор материала для конкретной научной или технической задачи и метод его получения

4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

4.1. Объем дисциплины и количество учебных часов

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)				Формы самостоятельной работы ^{*)}	
		всего	очная форма обучения				
			ЛЗ	С	К		СР
1	Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.	6	2			4	РЛ
2	Физико-химические основы технологии SiТНМ.	12	4			8	РЛ
3	Основные закономерности формирования фазового состава SiТНМ.	12	4			8	РЛ
4	Структура кристаллических SiТНМ	12	4			8	РЛ
5	Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы	6	2			4	РЛ
6	Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления	6	2			4	РЛ
7	Химия стекла и технология стекла.	12	4			8	РЛ
8	Силикатные расплавы.	12	4			8	РЛ
9	Основные процессы технологии керамики	12	4			8	РЛ
10	Основные методы синтеза порошков	6	2			4	РЛ
11	Химические методы синтеза порошков. Расчет шихты и выбор добавок для SiТНМ	7	1	2		4	РИР
12	Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ	15	1	2		12	РИР, Р
13	Основные физические и химические свойства SiТНМ	12	4			8	РЛ
14	Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел.	6	2			4	РЛ
15	Механические свойства композиционных керамических материалов	6	2			4	РЛ
16	Механические свойства основных керамических материалов конструкционного назначения	6	2			4	РЛ
17	Техническая керамика	6	2			4	РЛ
18	Огнеупоры	6	2			4	РЛ
19	Вязущие материалы	6	2			4	РЛ
20	Функциональные материалы на основе SiТНМ			2		12	РЛ, Р
	Контроль				36		
	Итого:	216	50	6	36	124	

Виды учебной работы: ЛЗ – лекционное занятие, С – семинары, К – индивидуальные консультации; СР – самостоятельная работа обучающихся. *) формы самостоятельной работы: Выполнение комплексных расчетно-исследовательских работ (РИР) Выполнение отдельных исследовательских заданий (ИЗ) Подготовка рефератов (Р) Работа с нормативными документами, литературой (РЛ)

4.2. Содержание лекционных занятий

№ п/п	Содержание	Кол-во ак. часов
1	<p><u>Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - твердые и сверхтвердые материалы; - минеральные материалы на основе силикатов; - керамика; - стекло и ситаллы; - графит и материалы на его основе; - огнеупоры; - техническая керамика; - композиционные материалы. <p>Классификация и отличительные особенности их физико-химического описания, получения и применения.</p>	2
2	<p><u>Физико-химические основы технологии СиТНМ. Правило фаз и его значение.</u></p> <p>Методы построения диаграмм состояния. Основные типы диаграмм состояния. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах СиТНМ. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах СиТНМ.</p>	4
3	<p><u>Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ.</u></p> <p>Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах СиТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе.</p>	4
4	<p><u>Структура кристаллических СиТНМ.</u> Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел. Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Химическая связь в кристаллах. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Явления полиморфизма и изоморфизма в СиТНМ. Нестехиометрические твердые тела. Переходы порядок-беспорядок.</p>	4
5	<p><u>Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.</u></p>	2
6	<p><u>Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления</u></p> <p>Механизмы агломерации. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.</p>	2
7	<p><u>Химия стекла и технология стекла.</u> Стеклообразное состояние. Характеристика свойств стекла и их взаимосвязь. Классификация неорганических стекол. Особенности структуры и строения. Структура силикатных стекол. Особенности структурного описания боратных, германатных и фосфатных стекол. Температурные явления в стекле. Зависимость свойств силикатных стекол от состава. Влияние структурных факторов на свойства стекла. Расчет и моделирование физико-химических свойств стекол. Структурная релаксация. Изменение физико-химических свойств стекол в интервале стеклования.</p>	4

№ п/п	Содержание	Кол-во ак. часов
8	<u>Силикатные расплавы.</u> Особенности структурного описания бинарных и многокомпонентных расплавов. Термодинамика стекол и стеклообразующих расплавов. Кислотно-основные взаимодействия в оксидных расплавах. Диффузионные процессы.	4
9	<u>Основные процессы технологии керамики.</u> Зерновой состав и измельчение компонентов. Подготовка сырья и формование материалов. Природное и искусственное сырье. Формование. Сушка. Виды термической обработки. Поведение сырьевых материалов при нагревании. Спекание и дополнительные виды обработки.	4
10	<u>Основные методы синтеза порошков.</u> Химические методы синтеза получения оксидных и бескислородных порошков. Основы золь-гель метода получения силикатных и неметаллических материалов. Основные стадии процесса. Золь-гель метод получения силикагелей. Устойчивость аморфного кремнезема к кристаллизации	2
11	<u>Химические методы синтеза порошков. Расчет шихты и выбор добавок для СИТНМ</u>	1
12	<u>Механизмы спекания; активирование спекания.</u> Жидкофазное, твердофазное спекание. Спекание под давлением. Факторы, определяющие режим обжига изделий. Методы активации спекания.	2
13	<u>Основные физические и химические свойства СИТНМ.</u> Теплофизические, термические электрофизические, магнитные свойства и химические свойства СИТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.	4
14	<u>Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел.</u> Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения работы разрушения СИТНМ. Вязкое течение.	2
15	<u>Механические свойства композиционных керамических материалов.</u> Основные композиционные керамические материалы.	1
16	<u>Механические свойства основных керамических материалов конструкционного назначения.</u> Строение керамики. Деформационно-механические свойства керамики. Основные методы упрочнения керамики. Способы повышения прочности и трещиностойкости	2
17	<u>Техническая керамика.</u> Керамика на основе оксидов. Керамика на основе сложных оксидных соединений. Керамика из неоксидных тугоплавких соединений. Электротехнический фарфор. Свойства и применение в промышленности.	2
18	<u>Огнеупоры.</u> Назначение и классификация. Особенности технологического процесса огнеупоров. Кремнеземистые огнеупоры. Алумосиликатные огнеупоры. Магнезиальные, цирконистые и плавленные огнеупоры. Карбидокремниевые огнеупоры.	2
19	<u>Вязущие материалы.</u> Основные виды вязущих материалов. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вязущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вязущие. Основные стадии технологии. Технология жидких стекол (водных стекол) и материалов на их основе.	2

4.3. Перечень тем лекционных занятий

№ п/п	Наименование темы	Формируемые компетенции	Методы преподавания
1	Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3 ОПК-4 ПК-1	лекция- диалог
2	Физико-химические основы технологии SiТНМ.		лекция- диалог
3	Основные закономерности формирования фазового состава SiТНМ.		лекция- диалог
4	Структура кристаллических SiТНМ		лекция- диалог
5	Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы		лекция- диалог
6	Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления		лекция- диалог
7	Химия стекла и технология стекла.		лекция- диалог
8	Силикатные расплавы.		лекция- диалог
9	Основные процессы технологии керамики		лекция- диалог
10	Основные методы синтеза порошков		лекция- диалог
11	Химические методы синтеза порошков. Расчет шихты и выбор добавок для SiТНМ		лекция- диалог
12	Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ		лекция- диалог
13	Основные физические и химические свойства SiТНМ		лекция- диалог
14	Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел		лекция- диалог
15	Механические свойства композиционных керамических материалов		лекция- диалог
16	Механические свойства основных керамических материалов конструкционного назначения		лекция- диалог
17	Техническая керамика		лекция- диалог
18	Огнеупоры		лекция- диалог
19	Вязущие материалы		лекция- диалог

4.4. Содержание тем семинаров, практических занятий, лабораторных работ

№ п/п	Наименование темы и содержание	Трудоемкость, ч.	Формируемые компетенции	Методы преподавания
1	Химические методы синтеза порошков. Расчет шихты и выбор добавок для SiТНМ	2	ОПК-1, ОПК-4	семинар
2	Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ	2	ОПК-1, ОПК-4	семинар
	Функциональные материалы на основе SiТНМ	2	ОПК-1, ОПК-4	семинар

4.5. Перечень тем для самостоятельной работы

№ п/п	Наименование темы и содержание	Виды контроля	Формируемые компетенции
1	Общая характеристика силикатных и неметаллических материалов.	Собеседование	ОПК-1, ОПК-2
2	Физико-химические основы технологии SiТНМ.		ОПК-1, ОПК-2
3	Основные закономерности формирования фазового состава SiТНМ.		ОПК-1, ОПК-2
4	Структура кристаллических SiТНМ		ОПК-1, ОПК-2
5	Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы		ОПК-1, ОПК-2
6	Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления		ОПК-1, ОПК-2
7	Химия стекла и технология стекла.		ОПК-1, ОПК-2
8	Силикатные расплавы.		ОПК-1, ОПК-2
9	Основные процессы технологии керамики		ОПК-1, ОПК-2
10	Основные методы синтеза порошков		ОПК-1, ОПК-2
11	Химические методы синтеза порошков. Расчет шихты и выбор добавок для SiТНМ	РИР	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
12	Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ	РИР, Реферат	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1
13	Основные физические и химические свойства SiТНМ	Собеседование	ОПК-1, ОПК-2
14	Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел.		ОПК-1, ОПК-2
15	Механические свойства композиционных керамических материалов		ОПК-1, ОПК-2
16	Механические свойства основных керамических материалов конструкционного назначения		ОПК-1, ОПК-2
17	Техническая керамика		ОПК-1, ОПК-2
18	Огнеупоры		ОПК-1, ОПК-2
19	Вязущие материалы		ОПК-1, ОПК-2
20	Функциональные материалы на основе SiТНМ	Реферат	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ПК-1

5. Фонд оценочных средств.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости (1 и 2 семестры), промежуточные контроли, и 2 зачета, являющиеся формой промежуточной аттестации аспиранта.

Кандидатский экзамен по дисциплине входит в итоговый контроль обучения.

5.1. Текущий контроль успеваемости

обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, окончательных результатов обучения по дисциплине.

Текущий контроль успеваемости включает в себя контрольные мероприятия:

5.1.1. Собеседования

Вид контрольного мероприятия	Наименование		Контролируемый объем дисциплины (№№ разделов)
Собеседование №1	Физико-химические основы технологии SiТНМ		2, 3, 4
Собеседование №2	Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы		5
Собеседование №3	Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления		6
Собеседование №4	Химия стекла и технология стекла		7, 8
Собеседование №5	Основные процессы технологии керамики		9
Собеседование №6	Основные методы синтеза порошков.		10
Собеседование № 7	Основные физические и химические свойства SiТНМ		13
Собеседование № 8	Механические свойства кристаллических и стеклообразных тел и керамических материалов		14-16
Собеседование № 9	Важнейшие виды SiТНМ и особенности их технологии		17-19

5.1.2. *Расчетно-исследовательская работа по теме 11 (код контролируемой компетенции или ее части: ОПК-1, ОПК-2).*

Примерные темы работ.

1. Рассчитать количество исходных солей нитрата алюминия б-и водного и нитрата магния б-и водного для получения 100 г керамического корундового материала, содержащего 0,2 масс.% оксида магния. Технологические потери 40 масс.%.

2. Рассчитать количество оксида алюминия и меди, необходимых для синтеза композита корунд - медь, содержащего 40 об.% меди. Плотность меди – 8,9 г/см³, оксида алюминия – 4 г/см³.

3. Рассчитать необходимое количество водного 9 % раствора аммиака для синтеза 100 г порошка оксида алюминия. Исходная соль хлорид алюминия б-и водный.

4. Предложить метод синтеза композита оксид алюминия – диоксид циркония в количестве 100 г, содержащего оксида алюминия: 1) 60 масс.%, 2) 60 об.% и 3) 60 мол.%.

5. Рассчитать необходимое количество парафина для горячего литья 100 кг керамического шликера, используемого для получения корундовых деталей. Количество парафина 25 об.%, плотность парафина 0,9 г/см³.

6. Известны потери при прокаливании неорганических солей кремния – 60% и алюминия – 40%. Сколько нужно использовать солей для синтеза муллита в количестве 10 кг.

7. Произвести необходимые расчеты для синтеза композитов в количестве 1000 г с матрицей из корунда, содержащей 30 об.% волокон карбида кремния или 30 об.%

волокон оксида алюминия. Плотность корунда – 4 г/см³, карбида кремния – 2,8 г/см³.

8. Провести расчет получения 100 г диоксида циркония 1) тетрагональной и 2) кубической модификации. Исходные соли хлорид иттрия и хлорид циркония. Прилагается диаграмма состояния оксид иттрия – диоксид циркония.

9. Необходимо получить гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ в количестве 100 г с 10, 20, и 50% замещением по кальцию на ионы 1) магния, 2) калия. Привести химические формулы, соответствующие конкретным замещениям.

10. Необходимо получить гидроксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ в количестве 100 г с 10, 20, и 50% замещением по ОН-группам на 1) карбонат и 2) фторид анионы. Привести химические формулы, соответствующие конкретным замещениям.

5.1.3. Расчетно-исследовательская работа по теме 12 (код контролируемой компетенции или ее части: ОПК-1, ОПК-2)

Составление технологической карты процесса изготовления образцов керамики (не рассматриваемой в теме научных исследований по диссертационной работе), включающей получение материала из следующих групп:

- оксидных материалов;
- композиционных керамических материалов;
- бескислородных керамических материалов.

Отметить особенности спекания конкретных материалов: газовая среда, оборудование и др.

5.1.4. Написание реферата по теме «Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ» (тема 12) и презентация по реферату.

Тема реферата должна отличаться от темы научных исследований по диссертационной работе. Презентация быть представлена на занятии. (код контролируемой компетенции или ее части: ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3),

Примерные темы рефератов:

1. Спекание корундовых материалов с различными добавками.
2. Особенности спекания керамических материалов на основе нитрида кремния.
3. Особенности спекания керамических материалов на основе карбида кремния.
4. Методы активации спекания керамических материалов: ультразвуковая обработка, механоактивация и др.
4. Влияние дисперсности порошков на спекание керамики. Методы получения ультрадисперсных порошков.
5. Особенности спекания керамики на основе диоксида циркония. Влияние температурного режима, количества и вида добавок на свойства спеченных материалов.
6. Композиционные керамические материалы, содержащие волокна. Особенности получения и спекания.
7. Твердофазное и жидкофазное спекание керамических материалов на основе оксида алюминия.
8. Применение методов горячего и изостатического прессования в технологии керамических материалов.
9. Особенности получения и спекания пористых керамических материалов.

5.1.5. *Написание реферата (тема 20) (код контролируемой компетенции или ее части: ПК-1, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3).*

Тема реферата должна отличаться от темы научных исследований по диссертационной работе.

Примерные темы рефератов:

1. Конструкционные оксидные керамические материалы в машиностроении.
2. Композиционные керамические материалы на основе системы диоксид циркония – корунд, используемые в медицине.
3. Прочные термостойкие материалы на основе муллита. Синтез, применение.
4. Композиционные керамические материалы, содержащие волокна карбида кремния. Особенности синтеза, применение в промышленности.
5. Дисперсноупрочненные керамические материалы. Влияние количества вида и размера частиц упрочняющей фазы на свойства материала.
6. Получение и свойства различных слоистых композиционных материалов.
7. Трещиностойкие керамические материалы. Особенности технологии. Применение.
8. Керамические материалы, применяемые в авиационной и космической области техники.
9. Жаростойкие керамические материалы. Особенности получения и области применения.
10. Теплопроводящие керамические материалы (нитриды и карбиды металлов). Особенности получения и области их применения в различных областях техники.

5.2. *Промежуточный контроль успеваемости включает в себя 2 зачета.*

5.2.1. *Зачет по темам 1-10, для которого образован фонд оценочных средств в виде контрольных вопросов:*

1. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе
2. Классификации СиТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам. Строение керамики
3. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений.
4. Особенности структуры кристаллических силикатов.
5. Явления полиморфизма и изоморфизма в СиТНМ.
6. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела
7. Особенности структуры кристаллических силикатов
8. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю.
9. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел.
10. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.
11. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации.
12. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.
13. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.
14. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава.

15. Методы формования керамических материалов
16. Выбор сырья и технологическая подготовка материалов
17. Факторы, определяющие режим обжига изделий

5.2.2. Зачет по темам 11-19, для которого образован фонд оценочных средств в виде контрольных вопросов:

1. Электрофизические свойства оксидных керамических материалов.
2. Химическая стойкость керамики
3. Хрупкое разрушение керамических материалов: основные теории, стадии, механизмы
4. Деформационно-механические свойства керамики
5. Основные механизмы спекания керамики
6. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства SiТНМ.
7. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
8. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости.
9. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики SiТНМ.
10. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие.
11. Химические методы получения керамических порошков
12. Химические свойства SiТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.
13. Механические свойства композиционных материалов
14. Основные виды керамики из неоксидных тугоплавких материалов. Свойства. Применение.
15. Керамика на основе сложных оксидных соединений. Свойства и применение.
16. Оксидная керамика. Свойства и применение
17. Пористая керамика. Классификация. Методы получения.
18. Термические свойства керамических материалов.
19. Теплофизические свойства керамических материалов.
20. Исследование микроструктуры и фазового состава SiТНМ.
21. Огнеупорные керамические материалы. Основные виды и применение.
22. Технология волокон и керамических изделий на их основе
23. Огнеупорные бетоны. Свойства и применение

6. Кандидатский экзамен по дисциплине

6.1. Формой итоговой аттестации аспиранта по дисциплине «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» является Кандидатский экзамен по специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».

6.2. Вопросы основной программы кандидатского экзамена составлены с учетом Программы кандидатского экзамена по курсу 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274.

6.3. Фонд оценочных средств кандидатского экзамена включает экзаменационные вопросы типовой программы - минимум по специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», критерии оценки формы контроля, критерии

оценки сформированности компетенций.

6.4. Основная программа кандидатского экзамена по специальности 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» состоит из экзаменационных вопросов, в билет включается 3 вопроса.

Контрольные вопросы и билеты

Билет 1:

1. Классификации СИТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам.
2. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.
3. Разновидность и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий.

Билет 2:

1. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ. Влияние на них состава, природы физической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.
2. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю.
3. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов.

Билет 3:

1. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.
2. Технология огнеупоров. Классификация огнеупоров. Основные стадии технологии различных огнеупоров. Применение огнеупоров.
3. Механические свойства композиционных материалов.

Билет 4:

1. Строение и реологические свойства дисперсных систем, и их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий технологии СИТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.
2. Пористая керамика. Классификация. Методы получения.
3. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости.

Билет 5:

1. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СИТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии материаловедения и научных основ технологии СИТНМ.
2. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела.
3. Основные виды керамики из неоксидных тугоплавких материалов. Свойства. Применение.

Билет 6:

1. Выбор сырья и технологическая подготовка материалов.
2. Технология волокон и керамических изделий на их основе.
3. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации.

Билет 7:

1. Химические свойства СИТНМ, и устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.
2. Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния.
3. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики СИТНМ.

Билет 8:

1. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы.
2. Технология волокон и керамических изделий на их основе.
3. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел.

Билет 9:

1. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами.
2. Огнеупорные бетоны. Свойства и применение.
3. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости.

Билет 10:

1. Электрофизические свойства оксидных керамических материалов.
2. Исследование микроструктуры и фазового состава.
3. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие.

Билет 11:

1. Строение керамики.
2. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.
3. Жидкофазное спекание керамических материалов. Примеры различных керамических материалов, спекающихся по жидкофазному механизму.

Билет 12:

1. Деформационно-механические свойства керамики.
2. Огнеупорные керамические материалы. Основные виды и применение.
3. Использование керамических материалов в электронике.

Билет 13:

1. Керамика на основе сложных оксидных соединений. Свойства и применение
2. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества
3. Правила определения последовательности фазовых преобразований при изменении температуры по диаграмме состояния. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах.

Билет 14:

1. Хрупкое разрушение керамических материалов: основные теории, стадии, механизмы (ОПК-1).
2. Явления полиморфизма и изоморфизма в СИТНМ. Изоморфные замещения в силикатах.
3. Основные виды огнеупорных материалов и их применение.

Билет 15:

1. Химические методы получения керамических порошков.
2. Основные закономерности формирования фазового состава СИТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах СИТНМ.
3. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава.

Билет 16:

1. Основные механизмы спекания керамики. Активированное спекание, физические основы.
2. Теории строения жидкостей. Особенности структуры силикатных расплавов. Степень ассоциации структурных элементов в силикатных расплавах.
3. Поверхностно-активные вещества в технологии керамики.

Билет 17:

1. Теплофизические свойства керамических материалов .
2. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситалов: условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы.

3. Бескислородная керамика. Свойства и применение.

Билет 18:

1. Оксидная керамика. Свойства и применение.
2. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
3. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации раствора, гидратации, полиморфных превращений в СИТНМ.

Билет 19:

1. Методы формования керамических материалов.
2. Термостойкие керамические материалы.
3. Особенности технологии нанодисперсных керамических материалов.

Билет 20:

1. Основные виды керамики из неоксидных тугоплавких материалов. Свойства. Применение.
2. Спекание керамических материалов в различных средах.
3. Применение керамических материалов в медицине.

Билет 21:

1. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция.
2. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов.
3. Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, упругих и прочностных свойств СИТНМ.

Билет 22:

1. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Новые методы измельчения.
2. Структура силикатных стекол.
3. Способы повышения работоспособности разрушения. Статическая усталость. Вязкое течение. Крип.

Билет 23:

1. Методики расчета составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).
2. Технология жидких стекол (водных стекол) и материалов на их основе.
3. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия в твердофазных реакциях.

Билет 24:

1. Процессы сушки в технологии СИТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Современные методы сушки.
2. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в СИТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных.
3. Технология стекловидных и стеклокристаллических покрытий.

Билет 25:

4. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации
5. Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Эффект Френкеля-Киркендала. Твердые растворы в силикатах.
6. Основные стадии технологии стекла и ситаллов, особенности технологии оптического стекла.

6.5. Критерии оценки формы контроля:

Каждый вопрос кандидатского экзамена оценивается отдельно, затем выставляется общая оценка.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»,

«неудовлетворительно»

- для оценки «отлично» - наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительных источников информации;
- для оценки «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четкое изложение материала;
- для оценки «удовлетворительно» - наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов;
- для оценки «неудовлетворительно» - наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы

7. Образовательные технологии

В процессе обучения применяются следующие образовательные технологии:
Метод активных лекций (лекция - диалог).

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Рабухин А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений. М: Инфра-М, 2008г. – 304 с
2. Либау Ф. Структурная химия силикатов / Пер. с англ. М.: Мир. 1982 – 412 с.
3. Бабушкин В.И., Матвеев ГМ. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат. 1986. – 386 с.
4. Сидоров Н.А., Мельниченко Л.Г., Сахаров Б.П. Технология силикатов. М.: Высшая школа. 1969. -250 с.
5. Тихонов В.А., Галабутская Е.А. и др. Практикум по химии кремния и физической химии силикатов. Львов.Изд-во Львовского университета.1965. 291 с.
6. Шевченко В.Я., Баринов С.М. Техническая керамика. М: Наука, 1993
7. Сулименко Л.М., Тихомирова И.А. Основаны технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. М.: РХТУ, 2000.
8. Шульц М.М., Мазурин О.В. Современные представления о строении стекол и их свойствах. Л.:Наука. 1988. – 198 с.
9. Варшал Б.Г., Мазурин О.В. Двухфазные стекла: структура, свойства, применение. Наука. Ленинградское отд-е, 1991. – 275 с.
10. Леко В.К., Мазурин О.В. Свойства кварцевого стекла. Л.:Наука. Ленинградское отделение. 1985 – 165 с.
11. Белов Н.В. Кристаллохимия силикатов с крупными катионами. М. Изд-во Академии наук СССР. 1961.
12. Жданов С.П., Хвощев С.И., Самулевич Н.Н. Синтетические цеолиты . М.: Химия. 1981. – 261 с.
13. Химия цеолитов и катализ на цеолитах (в 2-х томах). Ред. Дж.Рабо. М.: Мир, 1980.
14. Мазурин О.В. Стеклование. Л.: Наука, 1986. 158 с.

8.2. Дополнительная литература

1. Диаграммы состояния силикатных систем. Тройные силикатные системы. Справочник / В.П. Барзаковский, В.В. Лапин, А.И. Байкова, Н.Н. Курцева. – Л.: Наука, 1974. – вып. 4.
2. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высш.шк. 1988 – 400 с.

3. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. М. Металлургия, 1985.
4. Кашеев И.Д., Стрелов К.К. Испытание и контроль огнеупоров. М. Интернет-Инжиниринг, 2003.
5. Канаев В.К. Новая технология строительной керамики. – М.: Стройиздат. , 1990. – 264 с.
6. Масленникова Г.Н., Мамададзе Р.А. Керамические материалы. М.: Стройиздат, 1991. – 320с.
7. Савельев В.Г. Химия кремния и физическая химия силикатов (конспект лекций). М. 1972.
8. Будников П.Г. Роль русских и советских ученых в развитии химии силикатов. М. 1968.
9. Козырин Н.А., Тимонин В.А. Защита от коррозии силикатами. – М.: Металлургия. 1985. – 105 с.
10. Зубехин А.П. Физико-химические методы исследования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Уч.пособие. СПб.: Синтез, 1995-190с.
11. Гордина Н.Е., Прокофьев В.Ю. Низкомолекулярные цеолиты: структура, свойства, синтез. Изд-во Красанд. 2017.
12. Мазурин О.В. Стеклование и стабилизация неорганических стекол.Л. 1978.
13. Литвин Б.Н., Пополитов В.Н. Гидротермальный синтез неорганических соединений. – М.: Наука. 1984 – 185 с.
14. Волочко, А.Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы [Электронный ресурс] / А.Т. Волочко, К.Б. Подболотов, Е.М. Дятлова. — Электрон. дан. — Минск : , 2013. — 385 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90503>
15. Бобкова, Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов [Электронный ресурс] : учебник / Н.М. Бобкова. — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2007. — 301 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/65394>
16. Технология сухих строительных смесей : учебное пособие / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля, И.Н. Медведева [и др.]. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-4277-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118609>
17. Немилев, С.В. Научные основы материаловедения стекол : учебное пособие / С.В. Немилев. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-2905-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104852>
18. Потапова, Е.Н. История вяжущих материалов : учебное пособие / Е.Н. Потапова. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-2969-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107275>
19. Кашеев, И.Д. Производство огнеупоров : учебное пособие / И.Д. Кашеев, К.Г. Земляной. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-2629-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100924>
20. Аппен А.А. Химия стекла. Изд. Химия:Л.О., 1970. 352 с.
21. Химическая технология керамики: Учеб. Пособие для вузов/ под ред. проф. И.Я. Гузмана.- М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. -496 с.
22. Анфилогов В.Н. Силикатные расплавы / В.Н. Анфилогов, В.Н. Быков, А.А. Осипов; [отв. ред. С.Л. Вотяков]; Ин-т минералогии УрО РАН. – М.: Наука, 2005. -357 с.
23. Жабрев В.А. Диффузионные процессы в стеклах и стеклообразующих расплавах. – СПб: ИХС РАН, 1998. – 188 с.
24. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем. – М. Бином. Лаборатория знаний. 2012. – 328с.
25. Верещагин В.И., Хабас Т.А., Кулинич Е.А., Игнатов В.П. Химическая технология. Керамические и стеклокристаллические материалы для медицины. – М. Юрайт. 2020. - 147с.

8.3. Информационные ресурсы

1. [http://www. http://elibrary.ru/defaultx.asp](http://www.elibrary.ru/defaultx.asp) - Портал научной электронной библиотеки.

9. Материально-техническое обеспечение

Материально-технической базой, обеспечивающей проведение занятий, являются аудитории ИХС РАН (конферен-зал и выставочный зал), которые оснащены видеопроjectionным оборудованием для презентаций, экраном, WiFi, компьютером с доступом к сети Интернет, а также помещение для самостоятельной работы, оснащенное компьютерами с доступом в Интернет.