

**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

«30» октября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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

Группа научных специальностей: 2.6. Химическая технология

Научная специальность: 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Форма обучения: Очная

Трудоёмкость в зачётных единицах: **6**
Форма промежуточной аттестации:
кандидатский экзамен

Санкт-Петербург
2022

Рабочая программа дисциплины «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» разработана в соответствии с приказом Министерства образования и науки РФ от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)" (Зарегистрирован 23.11.2021 № 65943) (ФГТ), учебным планом и Уставом ИХС РАН.

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 Блоку 1 «Образовательный компонент» образовательной программы высшего образования – программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре. Является обязательной специальной дисциплиной для обучающихся по специальности: 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Может быть включена в качестве факультативной в индивидуальный учебный план обучающихся по специальности: 1.4.4. Физическая химия.
- 2.2. Трудоёмкость 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. Планируемые результаты освоения дисциплины

Выпускник, освоивший программу дисциплины, должен обладать следующими знаниями, умениями и навыками:

Знать:

- Технологии современного химического материаловедения
- Источники научно-технической информации в области химических технологий, находящиеся в сети «Интернет»
- Современные методы исследования и тенденции их развития в мире в области химической технологии
- Методы получения и особенности конструкционных и функциональных керамических материалов;
- Современные методы контроля качества в технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Уметь:

- Использовать научные достижения в области химических технологий, содержащиеся в научно-технической литературе и источниках НТИ из сети «Интернет»
- Анализировать и обобщать результаты выполненных научных исследований
- Выделять и систематизировать основные идеи в научных источниках
- Осуществлять выбор материала для конкретной научной или технической задачи и метод его получения

Владеть:

- Культурой научного исследования в области химических технологий, в том числе поиском и навыками работы с источниками научно-технической информации с использованием сети «Интернет»
- Навыком публичного представления результатов выполненной научной работы.

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 СиТНМ.	12	4			8	РЛ
3	Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ.	12	4			8	РЛ
4	Структура кристаллических СиТНМ	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. Стеклообразное состояние.</u> 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 SiТНМ</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 SiТНМ.</u> Теплофизические, термические электрофизические, магнитные свойства и химические свойства SiТНМ. 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 SiТНМ. 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 плавненные огнеупоры. Карбидокремниевые огнеупоры.	2
19	<u>Вяжущие материалы.</u> Основные виды вяжущих материалов. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие. Основные стадии технологии. Технология жидких стекол (водных стекол) и материалов на их основе.	2

4.3. Перечень тем лекционных занятий

№ п/п	Наименование темы	Методы преподавания
1	Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.	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.	Методы преподавания
1	Химические методы синтеза порошков. Расчет шихты и выбор добавок для SiТНМ	2	семинар
2	Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ	2	семинар
	Функциональные материалы на основе SiТНМ	2	семинар

4.5. Перечень тем для самостоятельной работы

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

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 (№№)
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.

Примерные темы работ.

1. Рассчитать количество исходных солей нитрата алюминия 6-и водного и нитрата магния 6-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 6-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 гидроксипатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 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 гидроксипатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ 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

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 SiTiHfM » (тема 12) и презентация по реферату.

Тема реферата должна отличаться от темы научных исследований по диссертационной работе. Презентация быть представлена на занятии.,

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).

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. *Контрольные вопросы к зачету по темам 1-10:*

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. *Контрольные вопросы к зачету по темам 11-19:*

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 СИТНМ.
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 СИТНМ.
10. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие.
11. Химические методы получения керамических порошков
12. Химические свойства СИТНМ, 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 СИТНМ.
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 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов».
- 6.2. Вопросы основной программы кандидатского экзамена составлены с учетом Программы кандидатского экзамена по курсу 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274. Перечня научных специальностей, утвержденного Приказом Минобрнауки России №118 от 24.02.2021г. Паспорта специальности 2.6.14. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов», утвержденного ВАК РФ.
- 6.3. 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 растворения, 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 СпТНМ.

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 СпТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Современные методы сушки.
2. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в СпТНМ. 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. Кащеев 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. Жабров 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> - Портал научной электронной библиотеки.

9. Материально-техническое обеспечение

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