

**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» декабря 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СИЛИКАТНЫХ И
ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ»**

Б1.В.ДВ.1(2)

Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки

Направленность подготовки: Физическая химия

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Вариативная часть ООП (дисциплины по выбору)

Трудоёмкость в зачётных единицах: 3

Форма промежуточной аттестации:
дифференцированный зачет

Санкт-Петербург
2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии со следующими нормативными документами: Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; приказ Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. N 869 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)" с изменениями и дополнениями от: 30 апреля 2015 г., учебный план ИХС РАН.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины – формирование у аспирантов компетенций в области теоретических и практических основ технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, в том числе наноматериалов, формирование естественнонаучного мировоззрения и способности использовать основные законы химии и методы химической технологии в профессиональной деятельности. Знакомство с современными достижениями в области синтеза силикатных материалов, разработки новых композиционных материалов на их основе, современных методов их исследования.

Основными задачами дисциплины является получение научных знаний, определяющих пути, способы и средства совершенствования технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

2.1. Учебная дисциплина (модуль) «**Физико-химические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов**» относится к Вариативной части Блока 1 «Дисциплины(модули)» (дисциплины по выбору).

2.2. Трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы (з.е.) или 108 академических часов (час), в том числе:

- 17 час аудиторных занятий и 91 час самостоятельной работы.

2.3. Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при изучении дисциплин:

- неорганическая химия;
- коллоидная химия;
- органическая химия;
- физическая химия;
- количественный и качественный анализ;
- физико-химические методы анализа;
- теоретические основы синтеза наноматериалов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

В результате освоения данной дисциплины аспирант должен овладеть следующими компетенциями:

УК-1: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникативных технологий;

ПК-1: Способность и готовность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов в области неорганической, физической и коллоидной химии и технологии силикатных и тугоплавких неорганических материалов. Структура и содержание дисциплины (модуля).

В результате изучения курса обучающийся должен:

Знать:

- структуру и основные свойства силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (УК-1)

- современные методы исследования силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ОПК-1)
- физико-химические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ПК-1)
- основные закономерности процессов технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ПК-1)
- технологии производства основных силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ПК-1)

Уметь:

- пользоваться физико-химическими основами и основными закономерностями процессов при разработке технологий силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (УК-1)
- разрабатывать энерго-, ресурсосберегающие и экологически чистые технологии получения силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и изделий (ОПК-1)
- управлять процессами формирования структуры и заданных свойств силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (ПК-1)

Владеть:

- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения специализированных задач (УК-1)

4. Структура и содержание дисциплины

Распределение учебного времени по видам учебной деятельности

Наименования дисциплин, составляющих модуль	Семестр	Объем времени, отведенный на освоение дисциплин модуля					
		Аудиторные занятия час.			Самостоятельная работа час.	Аттестация по дисциплине (зачет, экзамен)	Всего час/з.е
		Всего	лекции	Семинары			
Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов	7-8	17	8	9	91	Зачет с оценкой	108/3
Всего на освоение		17	8	9	91		108/3

Содержание дисциплины

Код раздела	Раздел участия в работе	Содержание
P1	Общая характеристика силикатных неметаллических и силикатных материалов (СиТНМ)	Распространение силикатов в земной коре. Искусственные силикаты. Место и роль СиТНМ в экономике и научно-техническом прогрессе. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии материаловедения и научных основ технологии СиТНМ. Классификация СиТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, размерным

		параметрам..
P2	Структура и свойства SiТНМ	<p> Диаграмма состояния SiO_2. Взаимные переходы модификаций кремнезема. Энантиотропные и монотропные превращения в системе. Кварц, его свойства и строение. Природные разновидности кварца. Тридимит и кристобалит. Их свойства и температурные области устойчивости. Значение полиморфных превращений кремнезема в технологии силикатных материалов. Отклонения от равновесных состояний в системе кремнезема в реальных условиях. Формы кремнезема, метастабильные при обычных давлении и температуре. Аморфный кремнезем, его разновидности. Системы Al_2O_3 и ZrO_2, их значение при получении SiТНМ. Кварцевое стекло и его полиморфные формы. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами. Явления полиморфизма и изоморфизма в SiТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Наночастицы, силикатные наноструктуры и наноматериалы. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Ликвация. Пористые стекла. Свойства силикатных стекол. Химические свойства SiТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы. Структура цеолитов и пористых алюмосиликатов. </p>
P3	Методы исследования SiТНМ	<p> Теоретические основы, сущность, возможности, погрешности, аппаратное оформление важнейших методов исследования структуры и свойств SiТНМ. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы. Спектроскопические методы: ИК- спектроскопия, флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, рентгеноспектральное микрозондирование. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализы. Световая микроскопия, петрографический анализ, электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия. Новые методы исследования: туннельная и силовая сканирующая микроскопия, использование синхротронного излучения. Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных, технических и технологических свойств SiТНМ. Диаграммы состояния двух-и трехкомпонентных систем. </p>
P4	Физико-химические основы технологии SiТНМ	<p> Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений </p>

		<p>в системах силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ). Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах СиТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных. Энергия кристаллической решетки СиТНМ. Твердофазовые реакции и их классификация. Механизм протекания твердофазовых реакций по Г. Тамману и И. Хедвалу. Последовательность химических превращений. Влияние условий твердофазового взаимодействия на его скорость. Сущность и виды процесса спекания. Кинетика спекания. Твердофазное спекание. Основные стадии процесса твердофазного спекания. Спекание керамических порошков. Функциональная и техническая керамика. Реакционное спекание. Отличительные особенности процесса. Практическое значение и применение. Жидкофазное спекание, его виды. Факторы, влияющие на процесс спекания. Процесс рекристаллизации. Первичная и вторичная рекристаллизация. Практическое применение. Химические методы синтеза нанопорошков и наноматериалов.</p>
P5	<p>Основные закономерности процессов технологии СиТНМ</p>	<p>Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков. Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст). Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии СиТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими. Процессы сушки в технологии СиТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Гидротермальный синтез и получение алюмосиликатов, в частности – цеолитов. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема. Новые процессы получения СиТНМ. Нанокompозиты.</p>
P6	<p>Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов</p>	<p>Технологии стекла, ситаллов и эмали. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии. Особенности технологии оптического и кварцевого стекла, стекловидных и стеклокристаллических покрытий. Стекло в промышленном и гражданском</p>

		строительстве, технике, науке и быту. Основные виды керамических материалов и стадии их технологии. Технология функциональной керамики. Керамика в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту. Классификация огнеупоров и технологии их производства. Применение огнеупоров. Основные виды вяжущих материалов. Основные стадии и производства. Вяжущие материалы в промышленности, технике, науки и быту. Синтез цеолитов и пористых алюмосиликатов. Цеолиты в катализе.
--	--	---

Распределение объема учебного времени дисциплины по темам и видам работ

Код раздела, темы	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины ак.час/з.е.				
		Аудиторные занятия			Самостоятельная работа	Всего по разделам
		всего	в т.ч. лекции	в т.ч. семинар/ практ. занятия		
P1	Общая характеристика SiТНМ	1	1			1
P2	Структура и свойства SiТНМ	2	1	1	15	17
P3	Методы исследования SiТНМ	3	1	2	15	18
P4	Физико-химические основы технологии SiТНМ	3	1	2	15	18
P5	Основные закономерности процессов технологии SiТНМ	3	1	2	15	18
P6	Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов	3	1	2	15	18
Итоговый контроль (в том числе подготовка к зачету)		2	2		16	18
Итого по дисциплине		15	8	9	91	108

5. Оценочные средства промежуточной аттестации

Контроль знаний аспирантов осуществляется в форме *дифференцированного зачета*, который является формой промежуточной аттестации аспиранта.

На дифференцированном зачете задаются 2 вопроса из перечня контрольных вопросов.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Правило фаз и его применение для анализа систем. Экспериментальные методы построения фазовых диаграмм состояния систем. Однокомпонентные системы. Системы с энантиотропным и монотропным превращением.

2. Диаграмма состояния SiO_2 (диаграмма Феннера). Взаимные переходы модификаций кремнезема. Энантиотропные и монокотропные превращения в системе.
3. Кварц, его свойства и строение. Природные разновидности кварца. Тридимит и кристобалит. Их свойства и температурные области устойчивости.
4. Значение полиморфных превращений кремнезема в технологии силикатных материалов. Отклонения от равновесных состояний в системе кремнезема в реальных условиях. Формы кремнезема, метастабильные при обычных давлении и температуре. Аморфный кремнезем, его разновидности. Кварцевое стекло и его полиморфные формы.
5. Система Al_2O_3 . Полиморфизм в системе и термодинамическая устойчивость фаз. Области применения материалов на основе глинозема.
6. Система ZrO_2 . Полиморфизм в системе. Области применения материалов на основе диоксида циркония.
7. Двухкомпонентные системы. Построение схемы фазовых превращений при охлаждении. Определение количественного соотношения фаз при любых температурах. Двухкомпонентная система с химическим соединением (конгруэнтные, инконгруэнтные, разлагающиеся в твердом виде).
8. Двухкомпонентная система с ликвацией. Системы со стабильной и метастабильной ликвацией. Установление областей метастабильной ликвации. Вторичная ликвация. Теория бинадального и спинодального механизма жидкофазового разделения.
9. Трехкомпонентные системы. Пространственная проекционная диаграммы. Понятие о полях кристаллизации. Пограничные кривые. Пути кристаллизации в трехкомпонентной системе. Построение схем фазовых превращений. Определение температур начала и конца кристаллизации. Количественные расчеты соотношения фаз в трехкомпонентной системе в любой момент кристаллизации.
10. Правило соединительной прямой в трехкомпонентной системе. Определение направления падения температур на пограничных кривых. Трехкомпонентная система с двойным химическим соединением, плавящимся инконгруэнтно. Направление путей кристаллизации в системе. Типы пограничных кривых.
11. Трехкомпонентная система с двойным химическим соединением, (конгруэнтным и инконгруэнтным). Понятие о тройной эвтектике и точке двойного подъема. Элементарные фазовые треугольники в системах. Трехкомпонентная система с двойным химическим соединением, разлагающимся в твердом виде. Условия появления поля кристаллизации этого соединения. Пути кристаллизации в системе.
12. Трехкомпонентная система с полиморфными превращениями и ликвацией. Определение составов ликвирующих фаз. Трехкомпонентная система с тройными химическими соединениями. Элементарные фазовые треугольники и определение конечной точки кристаллизации в системе.
13. Особенности кристаллического состояния. Ионные радиусы и координационные числа катионов. Схемы координационных структур различной степени устойчивости.
14. Особенности наноразмерного состояния веществ. Химические методы синтеза наноматериалов. Подходу “сверху-вниз” и “снизу-вверх”. Особенности физических взаимодействий в нанобъектах. Функциональные наноматериалы
15. Понятие о кремнекислородном радикале. Химические и структурные формулы силикатов. Изоморфные замещения в силикатах.
16. Строение кристаллических силикатов. Координация ионов и изоморфные замещения в силикатах. Классификация структур кристаллических силикатов.
17. Особенности строения силикатов с крупными катионами.
18. Цеолиты и силикатные сорбенты. Глины. Адсорбция и катализ.
19. Строение силикатов в жидком состоянии. Факторы, влияющие на строение. Процессы релаксации в расплавах.

20. Определение стекла. Основные разновидности стекол. Строение силикатных стекол. Кварцевое, щелочно-силикатное и щелочноалюмосиликатное стекла.
21. Особенности стеклообразного состояния. Условия стеклообразования. Стеклообразователи и модификаторы. Роль стеклообразного состояния в технологии силикатных материалов.
22. Кристаллизация расплавов и стекол. Процессы зародышеобразования и роста кристаллов. Практическое значение кристаллизации в технологии силикатов.
23. Строение силикатов в высокодисперсном состоянии. Классификация дисперсных систем. Особенности коллоидного состояния. Строение мицеллы и двойного электрического слоя.
24. Микрогетеронные и грубодисперсные системы. Золь-гель процессы. Структурно-механические свойства силикатных высокодисперсных систем.
25. Строение многофазных материалов. Стеклокристаллические и композиционные материалы, особенности их получения
26. Твердофазовые реакции и их классификация. Механизм протекания твердофазовых реакций по Г. Тамману и И. Хедвалу.
27. Последовательность химических превращений. Влияние условий твердофазового взаимодействия на его скорость.
28. Сущность и виды процесса спекания. Кинетика спекания.
29. Твердофазное спекание. Основные стадии процесса твердофазного спекания. Спекание керамических порошков. Функциональная и техническая керамика.
30. Реакционное спекание. Отличительные особенности процесса. Практическое значение и применение.
31. Жидкофазное спекание, его виды. Факторы, влияющие на процесс спекания.
32. Процесс рекристаллизации. Первичная и вторичная рекристаллизация. Практическое применение.
33. Структура цеолитов. Гидротермальный синтез. Цеолиты в катализе.
34. Химические методы синтеза нанопорошков и наноматериалов. Комплекс физико-химических методов исследования в материаловедении.
35. Технологии стекла, ситаллов и эмали. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии. Особенности технологии оптического и кварцевого стекла, стекловидных и стеклокристаллических покрытий. Стекло в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту.
36. Основные виды керамических материалов и стадии их технологии. Технология функциональной керамики. Керамика в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту. Классификация огнеупоров и технологии их производства. Применение огнеупоров.
37. Основные виды вяжущих материалов. Основные стадии их производства. Технология жидкого стекла.
38. Вяжущие материалы в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке и быту. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных материалов. Основные виды, стадии технологий, перспективные области применения.
39. Современные направления развития науки и технологии получения СИТНМ, а также методов их исследования. Запросы современной экономики и промышленности.

Результаты зачета определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

- для оценки «отлично» - наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объёме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, 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, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;
- для оценки «удовлетворительно» - наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;
- для оценки «неудовлетворительно» - наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение

6.1. Основная литература:

1. Бобкова, Н. М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : учебник / Н. М. Бобкова. — Минск : Вышэйшая школа, 2007. — 301 с. — ISBN 978-985-06-1389-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/65394>
2. Волочко, А. Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А. Т. Волочко, К. Б. Подболотов, Е. М. Дятлова. — Минск : Белорусская наука, 2013. — 385 с. — ISBN 978-985-08-1640-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90503>
3. Кащеев, И. Д. Производство огнеупоров : учебное пособие / И. Д. Кащеев, К. Г. Земляной. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-2629-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100924>
4. 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 // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107275>
5. 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 // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118609>
6. Немилов, С. В. Научные основы материаловедения стекол: учебное пособие / С. В. Немилов. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-8114-2905-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104852>
7. Рабухин А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений. М: Инфра-М, 2008г. – 304 с.
8. Либау Ф. Структурная химия силикатов / Пер. с англ. М.: Мир. 1982 – 412 с.
9. Бабушкин В.И., Матвеев ГМ. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат. 1986. – 386 с.
10. Сидоров Н.А., Мельниченко Л.Г., Сахаров Б.П. Технология силикатов. М.: Высшая школа. 1969. -250 с.
11. Тихонов В.А., Галабутская Е.А. и др. Практикум по химии кремния и физической химии силикатов. Львов.Изд-во Львовского университета.1965. 291 с.
12. Сулименко Л.М., Тихомирова И.А. Основаны технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. М.: РХТУ, 2000.

13. Шульц М.М., Мазурин О.В. Современные представления о строении стекол и их свойствах. Л.:Наука. 1988. – 198 с.
14. Варшал Б.Г., Мазурин О.В. Двухфазные стекла: структура, свойства, применение. Наука. Ленинградское отд-е, 1991. – 275 с.
15. Лeko В.К., Мазурин О.В. Свойства кварцевого стекла. Л.:Наука. Ленинградское отделение. 1985 – 165 с.
16. Белов Н.В. Кристаллохимия силикатов с крупными катионами. М. Изд-во Академии наук СССР. 1961.
17. Жданов С.П., Хвощев С.И., Самулевич Н.Н. Синтетические цеолиты . М.: Химия. 1981. – 261 с.
18. Химия цеолитов и катализ на цеолитах (в 2-х томах). Ред. Дж.Рабо. М.: Мир, 1980.
19. Мазурин О.В. Стеклование. Л.: Наука, 1986. 158 с.

6.2. Дополнительная литература

1. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высш.шк. 1988 – 400 с.
2. Стрелов К.К. Структура и свойства огнеупоров. М. Металлургия, 1982.
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. – 320 с.
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. Зубехин А.П. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Уч.пособие. Новочеркасск: ЮРГТУ, 1999
12. Мазурин О.В. Стеклование и стабилизация неорганических стекол.Л. 1978.
13. Шульц М.М., Мазурин О.В. Современные представления о строении стекол и их свойствах. – Л.: Наука. 1988. – 198 с.
14. Литвин Б.Н., Пополитов В.Н. Гидротермальный синтез неорганических соединений. – М.: Наука. 1984 – 185 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-технической базой, обеспечивающей проведение занятий, являются аудитории ИХС РАН (конферен-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.