

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Российский химико-технологический университет имени  
Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке  
РХТУ им. Д.И. Менделеева



А.А. Щербина

20 22 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Москва 2022 г

Программа составлена заведующим кафедрой химической технологии стекла и ситаллов, профессором В.Н. Сигаевым, заведующим кафедрой химической технологии композиционных и вяжущих материалов И.Ю. Бурловым, заведующим кафедрой химической технологии керамики и огнеупоров, профессором, Н.А. Макаровым.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Факультета технологии неорганических веществ и высокотемпературных материалов: протокол № 10 от «19» апреля 2022 г.

---

## Общие положения

Программа вступительных испытаний по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов разработана учетом требований к поступающим, определёнными правилами приема.

Цель проведения экзамена - оценка уровня знаний поступающих в области научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов для отбора наиболее подготовленных поступающих для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Задачей вступительного испытания в аспирантуру является оценка уровня владения специальной дисциплиной, в том числе способности поступающего понимать и переводить тексты по выбранной научной специальности, умения кратко излагать содержание прочитанного на иностранном языке и вести беседу.

### Разделы программы

1. Форма проведения вступительного испытания.
2. Язык проведения вступительного испытания.
3. Содержание вступительного испытания.
4. Структурированное по разделам (областям) содержание вступительного испытания.
5. Шкала оценивания и фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания вступительного испытания
6. Типовые задания, вопросы, иные материалы для проведения вступительного испытания.
7. Рекомендуемая литература для подготовки к вступительному испытанию.

### **1. Форма проведения вступительного испытания.**

Вступительное испытание проводится в устной форме.

### **2. Язык проведения вступительного испытания.**

Язык проведения экзамена – русский.

### **3. Содержание вступительного испытания.**

1. Оценка соответствия содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, оценка владения понятийным аппаратом, аргументированность выводов и доказательств, ясность, четкость и логика изложения материала.

2. Применение полученных теоретических знаний к решению практических вопросов химической технологии, способность к аналитической деятельности; системность мышления и систематичность знания, гибкость и самостоятельность мышления.

### **4. Структурированное по разделам (предметным областям) содержание вступительного испытания.**

1. Кристаллохимические особенности твердых тел и прогнозирование их свойств для создания функциональных материалов.

2. Термодинамические и экологические аспекты производства силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

3. Проблемы прочности высокотемпературных функциональных материалов.

4. Структурные особенности и альтернативные способы синтеза стеклообразных материалов.

5. Современные и перспективные материалы на основе вяжущих, керамических, стекловидных, композитных систем.

6. Научные основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

7. Физико-химические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

8. Основные закономерности процессов в технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

9. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

10. Новые способы получения перспективных силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

11. Охрана окружающей природы в процессах переработки силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

### **5. Критерии оценки.**

Билет состоит из 2 вопросов, каждый из вопросов оценивается в 40 баллов. Ответы на дополнительные вопросы оцениваются в 20 баллов.

Шкала оценивания:

Ответ на вопросы билета	Всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, не до конца усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, практически не усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии
Количество баллов	40	30	20	10

## 6. Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Природа химической связи в силикатах и других тугоплавких соединениях.
2. Особенности структуры силикатов в твердом кристаллическом состоянии. Классификация силикатов.
3. Полиморфизм. Дефекты кристаллической решетки: твердые растворы замещения, внедрения и вычитания; точечные тепловые дефекты по Шоттки и Френкелю; линейные дефекты – краевые и винтовые дислокации.
4. Силикаты в стеклообразном состоянии. Гипотезы строения стекла. Условия образования стекол. Виды стекол и связь их свойств с составом и структурой.
5. Силикаты в высокодисперсном состоянии. Устойчивость и коагуляция коллоидных силикатных систем. Коллоидные свойства кремнезема, гели кремневой кислоты.
6. Гипотезы строения силикатных расплавов и связь их физико-химических свойств со структурой и составом.
7. Процессы диссоциации в технологиях ТНСМ.
8. Процессы дегидратации в технологиях ТНСМ.
9. Теоретические основы твердофазового синтеза. Роль гетерогенных твердофазовых реакций в технологиях вяжущих материалов, керамики и стекла.
10. Кинетика твердофазовых реакций. Особенности реакций в твердом состоянии и факторы, влияющие на их скорость. Роль жидкой и газовой фаз при твердофазовых реакциях. Термодинамическая характеристика реакций в твердом состоянии.
11. Физико-химические основы (виды, механизмы, термодинамика) процессов спекания. Роль процесса спекания в технологиях ТНСМ. Влияние спекания на структуру и свойства материалов.

12. Плавление как фазовый переход первого рода. Структурные изменения при плавлении. Предплавление и процесс кооперативного позиционного разупорядочения. Температура плавления и ее связь с теплотой плавления и изменением энтропии. Внутренние и внешние факторы, влияющие на температуру плавления. Специфика плавления кристаллических и аморфных тел. - Теоретические основы процесса кристаллизации из расплавов в силикатных системах. Особенности этих процессов в технологиях ТНСМ, влияние на свойства материалов.

13. Механизм роста кристаллов в расплавах. Роль дислокаций при росте кристаллов. Кривые Таммана. Значение процесса кристаллизации в технологии силикатов и его влияние на свойства технических продуктов.

14. Процессы рекристаллизации сущность, механизмы, признаки, движущая сила. Факторы, влияющие на скорость рекристаллизации. Влияние рекристаллизации на микроструктуру и свойства материалов.

15. Технология низкообжиговых гипсовых вяжущих. Классификация гипсовых вяжущих. Особенности кристаллохимического строения гипса и ангидрита. Механизм гидратации и твердения низкообжиговых гипсовых вяжущих. Сырьевые материалы, способы производства, свойства и области применения низкообжиговых гипсовых вяжущих.

16. Технология высокообжиговых гипсовых вяжущих. Схема термических превращений гипса и свойства различных модификаций сульфата кальция. Механизм гидратации и твердения высокообжиговых гипсовых вяжущих. Состав, свойства, области применения высокообжиговых гипсовых вяжущих. Особенности получения вяжущих из природного сырья и техногенных продуктов.

17. Технология воздушной извести. Виды извести, ее состав и свойства. Структура известняков и их свойства. Факторы, влияющие на декарбонизацию известняка. Механизм гашения извести. Характеристика сырья для производства извести. Сравнительные технико-экономические особенности различных способов производства извести.

18. Основы производства портландцементного клинкера. Химико-минералогический состав и модульные характеристики портландцементного клинкера. Сырьевые материалы для производства портландцементного клинкера, их превращения по длине вращающейся печи. Сравнительные технико-экономические особенности производства портландцементного клинкера различными способами.

19. Производство портландцементного клинкера по мокрому способу. Трехкальциевый силикат и его твердые растворы, алит в портландцементном клинкере. Реакции минералообразования с участием жидкой фазы. Состав,

строение и свойства клинкерного расплава. Технологические особенности производства портландцементного клинкера по мокрому способу, его преимущества и недостатки. Структурно-механические свойства шлама, пути снижения их влажности. Корректирование состава сырьевой смеси.

20. Производство портландцементного клинкера по сухому способу. Двухкальциевый силикат, его полиморфные модификации, белит в портландцементном клинкере. Роль твердофазных процессов при спекании клинкера. Технологические особенности производства портландцементного клинкера по сухому способу, его преимущества и недостатки. Влияние модульных характеристик на спекаемость сырьевой смеси. Способы корректировки состава сырьевых смесей.

21. Гидратация и твердение портландцемента. Основные химические реакции при гидратации портландцемента; современные представления о механизме его гидратации. Схватывание и твердение портландцемента, физическая структура затвердевшего цементного камня.

22. Коррозия цементного камня. Причины и механизмы физической, химической и автокоррозии цементного камня. Способы повышения коррозионной стойкости цементного камня.

23. Технология декоративных цементов. Классификация и свойства декоративных цементов. Требования к сырьевым материалам для получения белого портландцементного клинкера. Минералообразование при обжиге клинкера белого цемента. Механизм действия окрашивающих оксидов и их влияние на качество цемента. Способы отбеливания клинкера. Способы получения декоративных цементов.

24. Технология шлакопортландцемента. Классификация шлакосодержащих цементов. Строительно-технические свойства шлакопортландцемента. Физико-химические основы гидратации и твердения шлаков. Щелочная и сульфатная активизация процессов твердения шлаков. Гидратация и твердение шлакопортландцемента. Технологические особенности производства шлакопортландцемента.

25. Технология многокомпонентных цементов. Классификация и свойства многокомпонентных цементов. Механизм пуццоланической активности минеральных добавок. Гидратация и твердение многокомпонентных цементов. Технологические особенности производства, влияние состава и свойств минеральных добавок на выбор рациональных схем помола многокомпонентных цементов.

26. Технология глиноземистых цементов. Классификация и свойства алюминатных цементов. Влияние химического состава сырьевых материалов на процессы минералообразования глиноземистого цемента. Физико-химические

процессы, протекающие при спекании и плавлении алюминатных цементов. Влияние фазового состава на гидратационную активность глиноземистого цемента. Производство алюминатных цементов методами спекания и плавления.

27. Технология расширяющихся цементов. Классификация, свойства и рациональные области применения расширяющихся и напрягающих цементов. Механизмы расширения твердеющего цементного камня. Сырьевые компоненты для производства расширяющихся цементов. Виды расширяющихся добавок. Способы получения расширяющихся цементов.

28. Технология высокопрочных и быстротвердеющих цементов. Свойства и области применения быстротвердеющих и высокопрочных цементов. Полиморфизм клинкерных минералов. Твердые растворы двухкальциевого и трехкальциевого силикатов. Влияние добавок-модификаторов на стабилизацию полиморфных форм силикатных минералов. Технологические особенности производства особо быстротвердеющих цементов.

29. Использование вторичных ресурсов при производстве вяжущих материалов. Классификация и виды отходов, применяемых в производстве вяжущих материалов. Гипсодержащие отходы и особенности их использования при производстве гипсовых вяжущих. Отходы, используемые в качестве сырьевого компонента, минерализаторов обжига и добавки при помоле цемента. Ресурсосбережение и пути его реализации в условиях цементного вяжущих материалов.

30. Обобщенная схема технологического процесса производства керамики и огнеупоров. Характеристика основных стадий и переделов.

31. Основные типы структур керамических материалов. Плотноспеченная керамика, керамика зернистого строения, пористая проницаемая керамика, керамика из ультрадисперсных порошков. Особенности их строения и свойств.

32. Смешивание и подготовка керамических масс. Требования к однородности масс, способы ее оценки. Типовые схемы приготовления формовочных масс для полусухого прессования, пластического формования, шликерного литья.

33. Сушка керамического полуфабриката. Удаление временной технологической связки как процесс внутреннего и внешнего массообмена. Усадочные явления в процессе сушки. Максимально допустимая скорость сушки.

34. Обжиг керамического полуфабриката. Основные процессы, происходящие при обжиге. Изменение свойств полуфабриката в процессе обжига. Спекание как основной процесс, происходящий при обжиге. Основные стадии спекания. Способы оценки и характеристики спекания.



35. Механические и упругие свойства керамики. Механизмы разрушения керамики. Прочность керамики при различных видах механических воздействий. Трещиностойкость керамики и способы ее повышения. Твердость и износостойкость керамики. Методы определения механических и упругих свойств керамики. Длительная прочность керамики. Зависимость свойств от структуры материала и температуры.

36. Теплофизические свойства керамики. Огнеупорность и определяющие ее факторы, деформационные свойства керамики при повышенных температурах. Ползучесть (крип) керамики. Теплоемкость, температурный коэффициент линейного расширения, теплопроводность и температуропроводность керамики. Влияние состава, структуры, пористости, температуры. Методы оценки теплофизических свойств керамики.

37. Электрофизические свойства керамики. Проводимость керамики, ее механизмы и температурная зависимость. Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики.

38. Магнитные свойства керамики. Основные сведения о природе ферромагнетизма керамики. Намагниченность, магнитная проницаемость, коэрцитивная сила. Температура Кюри. Магнитомягкие и магнито жесткие ферриты. Влияние структуры материала на магнитные свойства.

39. Оптические свойства керамики. Взаимодействие керамики со светом. Рассеяние, поглощение и отражение света. Керамика как полупрозрачное тело. Белизна керамики и методы ее оценки. Влияние примесей на оптические свойства керамики.

40. Типовые технологии строительной керамики. Классификация строительной керамики, основные требования к изделиям. Сырье для производства строительной керамики. Технология стеновых керамических изделий и плиток, типовые составы масс. Ресурсосберегающие и природоохранные аспекты технологии.

41. Типовая технология хозяйственной керамики. Классификация хозяйственной керамики, области применения, основные требования к изделиям. Сырье для производства хозяйственной керамики. Технологические схемы производства, типовые составы масс. Ресурсосберегающие и природоохранные аспекты технологии.

42. Технология огнеупоров. Общие сведения об огнеупорах. Классификация огнеупоров по химико-минералогическому составу и другим важнейшим признакам. Области применения огнеупоров. Технология алюмосиликатных огнеупоров.

43. Типовые технологии технической керамики. Общие сведения, классификация по составу, свойствам и областям применения. Требования к сырью. Особенности технологии.

44. Типовые технологии пористых керамических материалов. Классификация пористой керамики по составу, структуре, областям применения. Основные типы - теплоизоляционные, теплозащитные материалы, керамические фильтры, мембраны, носители катализаторов и т.п. Методы изготовления высокопористых структур керамических материалов.

45. Стеклообразное состояние вещества и его особенности – основные понятия, критерии, условия стеклообразования. Интервал стеклования и особенности изменения свойств стекол в этом интервале. Методы определения температуры стеклования.

46. Строение стекла – основные гипотезы и их современная интерпретация. Структурные параметры стекол. Классификация элементов по их роли в стеклообразовании – стеклообразователи и модификаторы. Кристаллохимическое описание строения стекол на примере силикатных стекол.

47. Технологические свойства стекла – вязкость, «длина», скорость твердения стекломассы, кристаллизационные свойства, поверхностное натяжение; их роль в технологии стекла. Температурная зависимость и технологическая шкала вязкости силикатных стекол. Влияние различных факторов на технологические свойства. Вязкостные и кристаллизационные характеристики промышленных типов стекол.

48. Физико-химические свойства стекол как функция их химического состава, структуры, теплового прошлого на примерах теплофизических и электрических свойств. Принципы проектирования и корректировки составов стекол с заданными свойствами.

49. Оптические свойства стекол. Пропускание, поглощение и отражение света. Спектры собственного поглощения; пропускание в УФ и ИК-областях. Причины высокой прозрачности стекол в видимой области. Явление преломления света при прохождении через стекло. Оптические постоянные стекол.

50. Химическая устойчивость стекол. Механизм и кинетика коррозии стекол при воздействии воды, влажной атмосферы, кислот, щелочей. Влияние химического состава стекла, полищелочной эффект. Пути повышения химической стойкости стекол.

51. Механическая прочность стекла. Хрупкое и пластичное разрушение стекол. Теория Гриффита. Теоретическая и техническая прочность, масштабный фактор. Дефектность поверхности стеклоизделий и их прочностные характеристики. Методы упрочнения стеклоизделий.

52. Обобщенная технологическая схема и особенности отдельных технологических стадий получения стекла. Сырьевые материалы для стеклоделия. Подготовка сырьевых материалов и шихты для стекловарения на стекольных заводах. Требования к сырью и шихте в производстве различных видов стекол. Однородность шихты и условия ее обеспечения в процессе приготовления, при транспортировке и хранении.

53. Теоретические основы стекловарения - основные этапы, их характеристика, физико-химическое описание, температурные диапазоны. Практическая реализация стекловарения в современных стекловаренных печах. Пути интенсификации промышленного стекловарения.

54. Формование стеклоизделий. Классификация и разновидности методов и способов формования. Особенности методов, их машинное оформление, технологические характеристики и параметры, применение в производстве различных типов стеклоизделий. Пороки формования.

55. Термические напряжения в стеклах – природа и причины возникновения, количественная оценка, роль в технологии стеклоизделий. Теоретические основы и практическая реализация отжига и закалки стеклоизделий. Назначение, технологические параметры, основное технологическое оборудование.

56. Производство листового стекла. Назначение, классификация, ассортимент. Химический состав и свойства стекол, применяемые сырьевые материалы. Принципы, особенности, технологические параметры формования методом "плавающей ленты". Применяемое оборудование, технико-экономические показатели.

57. Производство стеклянной тары. Назначение, классификация, ассортимент. Химический состав и свойства стекол, применяемые сырьевые материалы. Технологическая схема производства. Принципы, особенности, технологические параметры формования узкогорлой и широкогорлой тары. Применяемое оборудование, технико-экономические показатели.

58. Производство сортового стекла. Назначение, классификация, ассортимент. Химический состав и свойства стекол, применяемые сырьевые материалы. Технологическая схема производства. Принципы, особенности, технологические параметры производства бесцветной, цветной и хрустальной посуды. Применяемое оборудование, технико-экономические показатели.

59. Теоретические основы и практическая реализация направленной кристаллизации стекла при получении ситаллов. Технологические схемы и стадии получения ситаллов. Классификация ситаллов, свойства основных типов и их применение.

## 7. Список рекомендуемой литературы

1. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
2. Рабухин А.И., Савельев В.Г. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 303с.
3. Дуда В. Цемент. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
4. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
5. Беляков А.В., Андрианов Н.Т., Лукин Е.С. и др. Химическая технология керамики. Под ред. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ “Стройматериалы”, 2012.
6. В. Л. Балкевич. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984.
7. А. С. Власов. Конструкционная керамика. – М.: МХТИ им. Д. И. Менделеева, 1985.
8. Химическая технология стекла и ситаллов. Под ред. Павлушкина Н.М., М.: Стройиздат, 1983. – 431 с.
9. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. – М: Стройиздат, 1979. – 358 с.