




МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Утверждаю

Зав. кафедрой ТНВМ

 Хацринов А.И.

**Программа вступительного испытания по программе подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по специальности 2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов»**

Казань, 2022

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

1. Вопросы вступительного испытания

1. Получение, свойства и применение элементного кремния. Бинарные соединения кремния. Гидриды, галогениды, нитрид кремния. Структура, свойства. Соединения кремния с кислородом. Связь Si–O, Si–O–Si. Кремния диоксид. Структура, свойства. Кремниевые кислоты. Силикаты.

2. Неметаллические углеродсодержащие материалы: особенности структуры, графитизация, свойства материалов. Графен, фуллерены, карбины.

3. Нитриды, карбиды, бориды, силициды, фосфиды, арсениды, в том числе оксикарбиды, оксинитриды, сиалоны, карбонитриды и др. Особенности строения. Представители. Использование в технологии тугоплавких неметаллических материалов.

4. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов.

5. Изоморфизм. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел.

6. Структурная классификация силикатов. Структура силикатов с изолированными одиночными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]^{4-}$, с группами из тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$ конечных размеров и с кремнекислородными мотивами бесконечных размеров. Изображение формул силикатов.

7. Плавление. Гипотезы строения жидкостей. Строение расплавов силикатов. Свойства расплавов силикатов. Конгруэнтное, инконгруэнтное плавление. Плавление с разложением исходного вещества. Режимы и условия получения гомогенных расплавов в технологии стекла и ситаллов.

8. Стеклообразное состояние. Ближний и дальний порядок. Физико-химические характеристики веществ, находящихся в стеклообразном состоянии. Склонность расплавов к стеклообразованию. Особенности стеклообразующих веществ. Стеклообразователи, модификаторы. Основные гипотезы строения стекла.

9. Стекло, классификация стекол. Вязкость стекла и кристаллизованная способность стекол. Свойства стекол в твердом состоянии. Химическая устойчивость стекол. Теории строения стекол.

10. Полиморфизм. Полиморфные превращения. Термодинамические и структурные причины полиморфизма. Фазовые переходы первого и второго рода. Энантиотропные и монокотропные полиморфные превращения. Факторы, влияющие на скорость и последовательность полиморфных превращений.

Правило Оствальда. Влияние давления, температуры и примесных веществ на полиморфные превращения.

11. Высокодисперсные (коллоидные) системы. Их классификация. Схема строения мицелл кремниевой кислоты и раствора гидроксида железа (III). Электрокинетические явления в высокодисперсных силикатных системах.

12. Коллоидные формы диоксида кремния. Растворение диоксида кремния. Полимеризация диоксида кремния.

13. Коллоидные свойства системы глина-вода. Физико-химические свойства глинистых минералов.

14. Гетерогенные и гетерофазные реакции. Топохимические реакции. Классификации твердофазных реакций и примеры их промышленной реализации. Последовательность химических превращений при твердофазном взаимодействии.

15. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах СиТНМ.

16. Элементарные процессы, протекающие при проведении твердофазных реакций: спекание, полиморфное превращение, плавление, рекристаллизация и др.

17. Твердофазное спекание. Термодинамика и механизмы твердофазного спекания. Факторы, влияющие на процесс (температура и время), дисперсность веществ, дефектность кристаллической решетки, наличие примесей.

18. Рекристаллизация. Первичная и вторичная рекристаллизация. Механизм и кинетика процесса. Рост зерен при вторичной рекристаллизации. Факторы, влияющие на процесс.

19. Характеристика основных процессов, протекающих при сушке. Сушка сырьевых материалов и керамических полуфабрикатов: температурно-временные режимы, условия и закономерности процесса. Способы сушки, конструкции сушилок. Электроконтактная сушка и сушка токами высокой частоты.

20. Характеристика основных процессов, протекающих при обжиге. Обжиг как стадия технологического процесса при производстве керамики и цемента. Режимы обжига, условия и способы теплопередачи при обжиге. Типовые печи для обжига формованных изделий (камерные, муфельные, конвейерные и др.). Печи для обжига порошкообразных и гранулированных материалов (вращающиеся, шахтные, кипящего слоя). Вакуумные печи и печи с регулируемой газовой средой. Гипсоварочные котлы, запарники, автоклавы. Конструкции печей, футеровки, особенности теплообмена.

21. Волокнистые композиционные материалы. Модули упругости КМ. Распределение напряжений в дискретных волокнах. Прочность КМ с непрерывными волокнами. Разрушение КМ. Правило смеси и статистическая модель разрушения КМ. Прочность пучков волокон. Работа разрушения КМ.

Распространение трещин в КМ. Силовой и энергетический подходы к разрушению КМ. Прочность КМ при сжатии.

22. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Отличия дисперсно-упрочненных КМ от легированных сплавов. Принципы создания дисперсно-упрочненных КМ. Выбор матрицы и дисперсной фазы. Механизм упрочнения КМ дисперсными частицами. Модели Орована, Анселла и Ленела, Фишера, Гуарда и др.

23. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных материалов.

24. Обогащение руды, основные продукты, методы обогащения. Показатели обогащения минерального сырья.

25. Обогащение кварцевых пород и песков. Обогащение полевошпатового сырья. Обогащение глин.

26. Нанотехнологии в стекломатериалах.

27. Виды природного сырья (кремнеземистое, карбонатное, сульфатное, алюмосиликатное, глиноземистое), синтетическое и техногенное сырье.

28. Сущность процессов измельчения твердых материалов.

29. Высокотемпературные процессы при получении стекла: силикатообразование, стеклообразование, осветление, гомогенизация, студка. Реакции при нагревании двухкомпонентных и трехкомпонентных, четырехкомпонентных смесей. Реакции при нагревании шихт, содержащих красители и глушители.

30. Производство стекломассы. Факторы, обуславливающие скорость стекловарения. Варка в горшковых печах. Варка в ваннных печах. Пороки стекломассы. Газовые, стекловидные, кристаллические включения. Причины их появления.

31. Формование стеклоизделий. Влияние свойств стекломассы на процесс формования. Вытягивание, лодочный и безлодочный способы. Прокат. Прессование, выдувание. Отжиг и закалка стеклоизделий. Оборудование для отжига и закалки.

32. Методы обработки стекла. Механические способы обработки стекла и материалов. Химические способы обработки стеклоизделий.

33. Ситаллы. Свойства ситаллов. Требования к катализаторам. Стадии получения ситаллов. Приготовление шихты. Варка стекломассы. Стадии получения ситаллов. Формование стекла. Кристаллизация стекла. Отжиг стекла.

34. Кварцевое стекло (свойства, применение). Строение кварцевого стекла. Получение непрозрачного кварцевого стекла. Получение прозрачного кварцевого стекла.

35. Пеностекло. Свойства, применение. Технология пеностекла. Способы вспенивания стекла. Основные факторы, обеспечивающие устойчивость пены до полного застывания пеностекла.

36. Растворимые силикаты. Применение. Классификация. Жидкое стекло. Применение. Характеристика промышленных жидких стекол.

Факторы, влияющие на процесс производства жидкого стекла. Физико-химия растворения силикат-глыбы. Мокрый способ производства жидкого стекла.

37. Сырье для производства строительной керамики. Свойства керамических материалов (механические, физические, теплотехнические, специальные).

38. Влияние механического и термического воздействия на структуру керамики. Перспективные способы модификации керамического сырья: применение высоко- и ультрадисперсных порошков и введение в сырьевую шихту модифицирующих добавок.

39. Строение и реологические свойства дисперсных систем их связь с процессами формования.

40. Сущность процессов формования. Структурообразование в дисперсных системах. Основные способы формования в керамическом производстве.

41. Технологические схемы производства керамического кирпича способами пластического формования и полусухого прессования, оборудование для формования.

42. Производство черепицы. Технологическая схема и основные технологические операции.

43. Производство фасадной керамики (шликерный и полусухой способ производства).

44. Производство плиток для полов (сырье, приготовление массы, формование, сушка, обжиг).

45. Производство канализационных труб (сырье, приготовление массы, формование, сушка, обжиг).

46. Производство керамзита (сырье и способы подготовки массы). Физико-химия процесса вспучивания. Технологические факторы при производстве керамзита.

47. Методики определения физико-механических свойств нанопорошков и нанокерамических материалов на их основе.

48. Классификация огнеупоров и их свойства. Магнезитовые огнеупоры и сырье для их производства. Технологический процесс производства магнезитового огнеупора.

49. Классификация минеральных вяжущих веществ. Основные сырьевые материалы и топливо для их производства. Добыча и транспортировка сырья. Методика расчета состава сырьевых смесей. Процессы формования и сушки. Высокотемпературные процессы в технологии вяжущих. Физико-химия процесса обжига гипса. Технология гипсоизвесткового вяжущего вещества. Производство строительного гипса из фосфогипса. Технология магнезиальных вяжущих. Затворители для магнезиальных вяжущих. Физико-химия процессов обжига сырья и твердения. Магнезиальных вяжущих.

50. Химический и минералогический состав портландцементного клинкера. Модули портландцементного клинкера и коэффициент насыщения известью. Способ производства клинкера. Теоретические основы

измельчения. Приготовление сырьевой смеси. Термические превращения сырьевых компонентов. Микроструктура клинкера. Кинетика и механизм химических реакций гидратации. Влияние технологических параметров на гидратацию цемента.

51. Классификация бетонов. Материалы для армированных бетонов. Свойства бетонных смесей. Приготовление бетонных смесей. Армирование железобетонных изделий. Тепловлажностная обработка изделий. Различные способы организации технологического процесса железобетонных изделий – стендовый, кассетный, поточно-агрегатный, конвейерный. Изделия из легких бетонов на пористых заполнителях. Изделия из ячеистых бетонов. Изделия и конструкции из силикатных бетонов. Гипсовые и гипсобетонные изделия.

2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

2.1 Литература

а) основная литература:

1. Адаскин А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник /А.М. Адаскин, А.Н. Красновский. –М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2016. –400 с.
2. Дворкин Л.И. Строительные минеральные вяжущие материалы. [Электронный ресурс]. /Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. –М.: Инфра-Инженерия, 2011. –544 с.
3. Горшков В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. /В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. –М.: Высш. шк., 1988. –399 с.
4. Куколев Г.В. Химия кремния и физическая химия силикатов. /Г.В. Куколев. –М.: Высш. шк., 1966. –462 с.
5. Рабухин А.И. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных соединений: Учебник. /А.И. Рабухин, В.Г. Савельев. –М.: ИНФРА-М, 2004. –304 с.
6. Будников П.П. Реакции в смесях твердых веществ. /П.П. Будников, А.М. Гинстлинг. –М.: Стройиздат, 1965.- 474с.
7. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции. /Ю.Д. Третьяков. –М.: Химия, 1978. – 360 с.
8. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов. /Л.М. Сулименко. – М.: ИНФРА-М, 2004. –336 с.
9. Химическая технология керамики и огнеупоров /под ред. П.П. Будникова. –М.: Сройиздат, 1955. –564 с.
10. Сулименко Л.М. Основы технологии тугоплавких неметаллических силикатных материалов. /Л.М. Сулименко, И.Н. Тихомирова. –М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2000. –248 с.
11. Китайгородский И.И. Технология стекла. /И.И. Китайгородский, Н.Н. Качалов, В.В. Варгин и др. –М.: Стройиздат. 1972. –552с.

12. Попов К.Н. Строительные материалы и изделия. /К.Н. Попов, М.Б. Каддо. –М.: Высшая школа. 2001. –376с.
13. Салахов М.А. Введение в технологию керамики: учебное пособие /А.М. Салахов. –Казань: Изд-во гос. Технол. Ун-та, 2008. –200 с
14. Салахов А.М. Керамика для технологов: учебное пособие /А.М. Салахов, Р.А.Салахова; –Казань: Казан. Гос. Технол. Ун-т, 2010. –236 с.
15. Сулименко Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе. /Л.М. Сулименко. –М.: Высш. школа, 2000. –303 с.
16. Основы технологии вяжущих материалов. Учеб. пособие. /Л.М. Сулименко, В.Г. Савельев, И.Н. Тихомирова. –М.: Изд-во РХТУ, 2001. – 171с.
17. Перегудов В.В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и материалов: Учебник для вузов. /В.В. Перегудов, М.И. Роговой. –М.: «Стройиздат», 1983. –416 с.
18. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий: Учебник /В.С. Севостьянов, В.С. Богданов, Н.Н. Дубинин, В.И. Уральский. –М: НИЦ ИНФРА-М, 2014. –432с.:

б) дополнительная литература:

19. Корнилов А.В. Активационное измельчение природных алюмосиликатов [Электронный ресурс]: монография /А.В. Корнилов, Т.З. Лыгина, А.И. Хацринов. – Казань, Изд-во КНИТУ, 2017. –152 с.
20. Физикохимия неорганических композиционных материалов: учебное пособие /А.И. Хацринов [и др.]. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. –116 с.
21. Хацринов А.И., Новцов А.М., Бурдикова Т.В., Беляков А.В. Структура и прочность композиционных материалов. Учебное пособие. – Казань: КГТУ, 2000. – 152 с.
22. Косенко Н.Ф. Физические методы исследования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учебное пособие. /Н.Ф. Косенко, Т.В. Сазанова. –Иваново: ИГХТУ, 2015. –123 с.
23. Бойко С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия. /С.В. Бойко. –Красноярск: СФУ, 2015. –212 с.
24. Лыгина Т.З. Избранные главы кристаллохимии и методы изучения наноструктурированных материалов: учебное пособие /Т.З. Лыгина, Р.Е. Фомина, А.М. Губайдуллина, С.В. Водопьянова. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. –168 с.
25. Ахметова Р.Т. Технология наномодифицированных неорганических композиционных материалов из техногенного и природного сырья: уч. пособие /Р.Т. Ахметова [и др.]; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. –112 с.
26. Сабитова Р.Р. Сушка, обжиг, плавление в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учебное пособие. /Р.Р. Сабитова, Л.Б. Исаева. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. –80 с.

27. Хузиахметов Р.Х. Технология и модификация нанонаполненных минеральных вяжущих: учебное пособие. /Р.Х. Хузиахметов. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. –132 с.
28. Корнилов А.В. Силикатные материалы строительного назначения из нерудного сырья: монография /А.В. Корнилов, Т.З. Лыгина, А.И. Хацринов. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2016. –128 с.
29. Казьмина О.В. Возможные виды брака в технологии стекла и способы их устранения: учебное пособие. /О.В. Казьмина, Р.Г. Мелконян. – Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. –129 с.
30. Бокий Г.В. Кристаллохимия. /Г.В. Бокий. –М.: Наука, 1971. –С.399
31. Либау Ф. Структурная химия силикатов. /Ф. Либау. –М.: Мир, 1988. –410 с.
32. Торопов Н.А. Высокотемпературная химия силикатных и др. окисных систем. /Н.А. Торопов, В.П. Барзаковский. –М-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. –258 с.
33. Дембовский С.А. Стеклообразование. /С.А. Дембовский, Е.А. Чечеткина. –М.: Наука, 1990. –277 с.
34. Браун М. Реакции твердых тел. /М. Браун, Д. Доллимор, А. Галвей. - М.: Мир, 1983. – 360с.
35. Янг Д. Кинетика разложения твердых веществ. /Д. Янг. –М.: Мир, 1969. –263с.
36. Бутт Ю.М. Общая технология силикатов /Ю.М. Бутт, Г.Н. Дудеров, М.А.Матвеев. –М.: Стройиздат. 1976. –600с.
37. Соколов Р.Б. Теория формирования сплошных и неоднородных систем. /Р.Б. Соколов. –Л.: Ленинград. Технологич. Иститут им. Ленсовета. 1978. – 40 с.
38. Шилл Ф. Пеностекло. /Ф. Шилл. –М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1965. –308 с.
39. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов: Учеб. Пособие для вузов. /Н.М. Павлушкин. –М.: Стройиздат, 1979. –360 с.
40. Лыгина Т.З. Технологии обогащения руды: (учебное пособие). /Т.З. Лыгина, С.В. Водопьянова. –Казань: КГТУ, 2008 –132.
41. Кузнецова Т.В. Физическая химия вяжущих материалов. Учебник. /Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. –М.: Высш. школа, 1989. – 383с
42. Композиционные материалы: справочник /Под ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. –М.: Машиностроение, 1990. –512 с.

2.2 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- Офисные и деловые программы: ABBYYFineReader 9.0 проф
- Офисные и деловые программы: MSOffice 2007 Russian
- Архиватор 7 Zip
- Яндекс Браузер

Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования eLIBRARY.RU: www.elibrary.ru

Реферативная база данных журналов и конференций Web of Science:
apps.webofknowledge.com

Издательство «Springer»: www.springer.com, www.link.springer.com

Единая база данных Scopus: www.scopus.com

3. Критерии оценки

Оценка знаний проводится в форме устного/письменного ответа на вопросы экзаменационной комиссии. Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобальной системе.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – «60».

Билет вступительного испытания включает два вопроса. Каждый из вопросов билета оценивается баллами от 0 до 50 в соответствии с таблицей.

| Критерии | Баллы |
|---|-------|
| Ответ полный, логичный, конкретный, продемонстрированы полные знания | 50-41 |
| Ответ полный, с незначительными замечаниями и ошибками | 40-31 |
| Ответ неполный, существенные замечания, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях | 30-21 |
| Неполный ответ, наличие ошибок и пробелов в знаниях | 20-11 |
| Ответ на поставленный вопрос не дан или несодержателен | 10-0 |