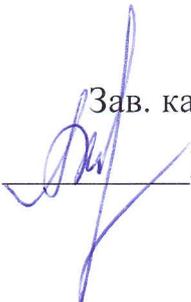




МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Утверждаю
Зав. кафедрой ТНВМ
Хацринов А.И.



**Программа вступительного испытания по программе подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ»**

Казань, 2025

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

1. Вопросы вступительного испытания

1. Принципы химического и фазового равновесия. Характеристические функции. Химический потенциал. Физико-химические предпосылки переноса вещества и энергии. Влияние температуры и давления на свойства веществ и химических систем. Зависимость термодинамических характеристик от температуры и давления. Диаграммы и уравнения состояния реальных систем. Влияние давления на энтальпию и теплоемкость.

2. Методы вычисления термодинамических характеристик. Сравнительные методы расчета. Вычисление теплоемкости систем и ее изменения в ходе реакции. Вычисление энтропии веществ и ее изменения в различных процессах. Вычисление теплового эффекта реакции. Вычисление изменения энергии Гиббса системы в результате реакции.

3. Константа химического равновесия как мера глубины протекания процессов. Использование значений стандартной энтальпии и энтропии для расчета констант равновесия химических реакций. Факторы, влияющие на величину константы равновесия. Термодинамический вывод закона действующих масс. Сдвиг химического равновесия. Принцип Ле Шателье. Вычисление константы равновесия химических взаимодействий. Превращения в системах с твердыми фазами. Условная удельная формула веществ и систем. Энтальпийный метод расчета температуры реакции.

4. Скорость химической реакции, ее зависимость от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок и молекулярность реакции. Константа скорости, ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации (действительная и кажущаяся). Понятие о теории активных соударений, активированном комплексе в теории абсолютных скоростей реакции.

5. Термодинамика процессов растворения твердых веществ.

6. Физико-химические параметры концентрированных растворов. Парциальные свойства, активность компонентов раствора, приведенные характеристики раствора. Энтальпийная характеристика растворов. Растворение вещества в воде. Смещение растворов и химические взаимодействия при этом. Энтальпийная диаграмма растворов. Пересыщенные растворы.

7. Растворы жидкие (водные и неводные), твердые и газообразные. Способы выражения концентрации растворов: массовая доля, молярность, нормальность, моляльность, молярная доля. Влияние на растворимость энергии структуры кристаллического вещества и энергии сольватации. Растворы насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные, концентрированные и разбавленные. Зависимость растворимости от температуры. Растворы идеальные и реальные.

8. Движущая сила процесса кристаллизации. Методы кристаллизации. Пересыщенные растворы. Кинетика зародышеобразования и роста кристаллов. Структурная и собирательная рекристаллизация. Влияние условий кристаллизации на качество продукта. Свойства высокодисперсных суспензий.

9. Особенности процессов разделения и технические способы их реализации.

10. Процессы выпаривания растворов в технологии неорганических веществ.

11. Обжиг и его виды. Кальцинация. Окислительные виды обжига. Восстановительный обжиг. Спекание. Механизм взаимодействия твердых фаз. Твердофазные реакции. Терморазложение. Топохимические реакции. Кинетика гетерофазных реакций. Кинетические кривые твердофазных реакций. Уравнение Рочинского, «сжимающегося цилиндра», возгонки. Модель Ерофеева. Уравнение Гинстлинга.

12. Диаграммы фазовых равновесий. Двух- и трехкомпонентные системы. Простые и взаимные четырехкомпонентные системы. Зависимые и независимые компоненты и реакции. Методы графического изображения состава систем. Принцип непрерывности и правило фаз. Правило соединительной прямой и правило рычага.

13. Трехкомпонентные системы. Изображение состава трехкомпонентных систем с помощью треугольника. Политерма тройной системы, изотермические сечения. Процессы испарения на диаграмме тройной системы. Изображение процесса кристаллизации и растворения. Расчет процесса переработки сильвинита по диаграмме растворимости. Диаграмма трехкомпонентных систем, в которых образуются кристаллогидраты и двойные соли.

14. Четырехкомпонентные системы. Диаграммы простых четырехкомпонентных систем. Диаграммы взаимных четырехкомпонентных систем, в которых не образуются двойные соли. Индексы Енеке. Влияние температуры, полярных органических растворителей на положение полей кристаллизации (пятикомпонентные системы). Пути кристаллизации в диаграмме Енеке при изотермическом испарении.

15. Применение ультразвука в технологии неорганических веществ.

16. Химическая связь в кристаллах (атомная, молекулярная, ионная кристаллическая структура). Ионная связь. Размеры положительно и отрицательно заряженных ионов, ионизационный потенциал. Средство к

электрону. Ковалентная связь. Основные положения метода валентных связей. Понятие о гибридизации орбиталей.

17. Теория симметрии в химии. Структура и кристаллическая пространственная решетка. Кристаллическая подрешетка. Элементы ограничения кристаллов. Соотношение между их числом. Элементы симметрии и единичные и эквивалентно-равные направления. Закон постоянства углов. Гониометрия. Стереографические проекции.

Классификация кристаллов по категориям и системам. Их характеристики.

32 класса симметрии. Формулы комплекса элементов симметрии. Международные символы классов симметрии. 230 пространственных (Федоровских) групп симметрии и принципы их обозначения.

Символы (индексы) точек, направлений, плоскостей. Установка кристаллов различных систем, выбор координатных осей.

Формы кристаллических многогранников. Простые и комбинированные формы. 47 простых форм. Вершинные, реберные и гранные формы в морфологии кристаллов.

18. Размеры атомов и ионов. Эффективные и действительные размеры. Зависимость их от положения элемента в периодической системе для s-, p-, d-, f-элементов. Координационные числа, валентность и степень окисления атомов. Электронная плотность.

Координационное число и координационный многогранник. Геометрические пределы устойчивости структур с различными координационными числами. Число атомов в ячейке. Определение стехиометрической формулы в ячейке. Поляризация ионов.

Влияние зарядов, размеров атомов и ионов и их координационного числа на прочность и термодинамические характеристики кристаллов, и типы химической связи в них. Плоскости спайности в кристаллах и поверхностная энергия.

Степени заполнения пространства структурными единицами. Типы пустот в шаровых упаковках. Многослойные упаковки.

19. Виды описания структуры: точечный, шаровой, полиэдрический. Изотипные (изоструктурные) кристаллы. Полиморфизм. Термодинамика полиморфных превращений. Изоморфизм. Разновидности их условий проявления. Изовалентный и гетеровалентный. Твердые растворы (замещения и внедрения).

20. Моно- и поликристаллы. Дефекты кристаллических решеток. Точечные и многомерные дефекты, дислокации. Структурно-чувствительные свойства кристаллов. Геометрия и заполнение пустот в кристаллической решетке посторонними атомами. Нестехиометрические соединения: бориды, гибриды, оксиды, сульфиды, карбиды и др.

Твердость, упругость. Тепловые свойства. Электропроводность. Пьезо- и пироэлектрические свойства. Проявление анизотропии физических свойств у монокристаллов и поликристаллов. Текстура поликристаллов. Кристаллооптика. Двойное лучепреломление и поляризация света.

21. Аммиак. Строение, физические и химические свойства. Получение аммиака в лаборатории. Сжижение аммиака. Физико-химические условия промышленного синтеза аммиака. Катализаторы синтеза аммиака. Равновесие взаимодействия аммиака с водой. Гидраты аммиака. Проблема существования гидроксида аммония.

22. Состав, строение и закономерности в изменении свойств оксидов азота: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 (дипольный момент, межмолекулярное взаимодействие, взаимодействие с водой, термическая устойчивость, кислотные свойства). Получение оксидов азота. Получение, сопоставление строения и свойств азотистой HNO_2 и азотной HNO_3 кислот: устойчивость, кислотные и окислительно-восстановительные свойства водных растворов. Производство неконцентрированной азотной кислоты. Основные стадии процесса. Контактное окисление аммиака. Физико-химические основы процесса. Влияние отдельных параметров производства. Окисление оксида азота (II). Абсорбция оксидов азота. Теоретические основы процесса при атмосферной и повышенном давлении. Концентрирование азотной кислоты. Сравнительная оценка различных способов. Методы обезвреживания отходящих нитрозных газов. Схема производства и основная аппаратура производства неконцентрированной азотной кислоты.

23. Азотные удобрения. Роль азота в растениях. Классификация, ассортимент, сравнительная эффективность отдельных видов удобрений. Производство аммонийной селитры. Свойства нитрата аммония. Физико-химия процессов нейтрализации, выпарки растворов, грануляция и конденсирование продукта. Производственные методы. Новые высокопроизводительные агрегаты. Производство сульфата аммония. Сырье. Методы производства. Схема промышленных установок.

24. Производство калийных и магниевых удобрений. Ассортимент. Виды сырья. Калийсодержащие минералы. Производство хлорида калия из сильвинита. Основы производства. Конструкция аппаратов. Методы переработки: флотация, гидросепарация, гравитационная сепарация, электросепарация и др. Технико-экономическая оценка методов получения хлорида калия из карналита. Производство сульфата калия. Методы. Сырье. Магниевые удобрения.

25. Азот в природе и жизни. Химия превращений соединений азота в атмосфере, почве, растениях и превращении азотных удобрений. Азотные удобрения, их виды, превращения и потери в почве. Экологический аспект применения. Создание и использование медленно действующих удобрений

Движение фосфора в почве, растениях и живом организме. Фосфорное питание растений. Фосфорные удобрения, их основные виды и химия превращения. Подразделение по растворимости. Экологические аспекты химии фосфора.

Круговорот калия в природе. Поглощение ионов калия растениями, фиксация их почвой. Калийные удобрения (хлоридные, бесхлоридные), взаимодействие их с почвой.

Микроэлементы и микроудобрения. Их характеристика, виды и масштабы применения.

26. Общая характеристика фосфора. Распространенность фосфора и формы его нахождения в природе (фосфаты элементов металлов, фосфориты, апатиты, монацит и др.). Валентные состояния фосфора. Аллотропные модификации фосфора. Условия стабильности белого и красного фосфора. Строение белого и красного фосфора, физические и химические свойства. Взаимодействие фосфора с металлами и неметаллами. Получение и применение красного и белого фосфора в промышленности.

27. Фосфатное сырье. Методы его обогащения и подготовки к переработке. Получение фосфора из фосфоритов Каратау. Получение экстракционной и термической фосфорной кислоты. Получение полифосфорных кислот. Утилизация фтористых соединений.

28. Получение простого и двойного суперфосфата. Получение термофосфатов, обесфторенных фосфатов и полифосфатов. Кормовые фосфаты. Технические фосфорные соли. Триполифосфат натрия. Комплексная переработка фосфатного сырья. Общие принципы оценки агрохимической эффективности минеральных удобрений.

29. Физико-химические основы технологии комплексных удобрений. Промышленные установки по получению комплексных удобрений. Нитрат калия, фосфаты аммония и аммофос. Полифосфаты аммония, калия, кальция и магния. Нитроаммофоски и диаммонитрофоски. Карбофоски. Комплексная переработка фосфоритов азотно-кислотным методом.

30. Аллотропные и полиморфные модификации серы, диаграмма состояний серы. Серная кислота важнейшая из минеральных кислот, ее применение. Строение и свойства серной кислоты. Основные принципы промышленных методов получения серной кислоты контактного и нитрозного. Нитрозилсерная кислота. Олеум. Сульфаты и гидросульфаты. Влияние природы катиона элемента металла на термическую устойчивость сульфатов.

31. Технология хлорида водорода и хлоридоводородной кислоты. Свойства хлорида водорода и кислоты. Роль в народном хозяйстве и объемы производства. Промышленные методы производства хлорида водорода в России и за рубежом. Производственные схемы получения. Конструкционные материалы в производстве. Получение 100% жидкого хлорида водорода. Абсорбция хлорида водорода водой с отводом и без отвода тепла. Аппаратурное оформление процесса.

32. Общая характеристика содовой промышленности. Содовые продукты и требования к их качеству. Особенности производства. Блок-схема содового производства. Сырье и вспомогательные вещества. Приготовление рассола. Добыча рассола. Теория очистки рассола. Конструкция отстойников. Схема производства и режим работы отделения очистки рассола. Аммонизация рассола. Физико-химические основы аммонизации рассола. Производственная схема отделения аммонизации. Аппаратура и режим ее работы. Карбонизация аммонизированного рассола. Физико-химические

основы карбонизации аммонизированного рассола. Конструкция карбонизационной колонны и режим ее работы. Производственная схема отделения карбонизации. Фильтрация суспензии бикарбоната натрия. Получение готовой продукции. Теория кальцинации бикарбоната натрия. Конструкции кальцинаторов. Режим работы отделение кальцинации. Регенерация аммиака. Физико-химические основы регенерации аммиака. Производственная схема отделения дистилляции. Аппаратура отделения. Режим работы отделения. Проблема «белых море». Получение известкового молока. Карбонатное сырье. Обжиг карбоната кальция и теория процесса. Конструкции и режим работы шахтных печей обжига. Физико-химические основы гидратации извести. Очистка известкового молока. Схема производства и режим работы цеха. Проблема сырья.

33. Производство гидроксида натрия химическим путем. Ферритный способ производства. Известковый способ. Физико-химия процесса. Производственная схема и аппаратура. Электрохимические способы производства гидроксида натрия. Теория электролиза раствора хлорида натрия. Диафрагменный метод производства, его аппаратное оформление. Ртутный метод производства и его аппаратное оформление. Выпаривание растворов щелочи. Плавка продукта. Комплексная переработка нефелина с получением соды и поташа. Природная сода. Даусонит – перспективное сырье для получения соды и глинозема.

34. Основные способы получения солей и реактивов.

35. Классификация и современные методы определения качества реактивов и веществ. Методы получения особо чистых веществ и реактивов. Особенности аппаратного оформления процессов их получения. Методы очистки веществ. Химические и физические методы разделения смесей. Получение особо чистой воды. Очистка веществ методом перекристаллизации. Дистилляционные методы, зонная кристаллизация, ионообменные и мембранные методы получения чистых веществ. Оценка степени очистки веществ. Технология получения щелочей и кислот реактивной и особо чистой квалификации, технология. Технология получения солей реактивной квалификации.

36. Производство солей бария, марганца и хрома. Виды сырья. Методы производства хлорида бария. Технология хлорида, сульфата, карбоната и гидроксида бария. Аппараты и их расположение. Монохроматы, бихроматы, хромовые квасцы. Их свойства и применения. Теоретические основы получения монохроматных щелочей, перевод их в бихроматные. Соли марганца и их производство.

37. Поташ. Свойства и применение. Способы получения.

38. Технология катализаторов. Требования, предъявляемые к катализаторам. Основные физико-химические свойства. Важнейшие промышленные гетерогенные катализаторы и области их применения. Состав катализаторов. Текстуры и структурные промоторы. Взаимодействие катализатора с реакционной средой. Различные причины дезактивации. Основные методы получения катализаторов. Их достоинства и недостатки.

Осажденные контактные массы. Физико-химические основы технологических стадий (растворение, осаждение, фильтрование, промывка, формование, прокаливание).

39. Катализаторы на носителях. Основные методы получения. Физико-химические основы пропитки. Носители для катализаторов. Основные их свойства и области применения. Катализаторы, получаемые смешением компонентов. Основные стадии процесса. Пример производства. Способы формования катализаторов и носителей. Их общая характеристика, достоинства и недостатки. Плавленые катализаторы. Технология катализаторов, получаемых сплавлением компонентов.

40. Катализаторы для производства связанного азота и сернокислотной промышленности. Катализаторы сернокислотной промышленности. Технологические схемы и режимы получения ванадиевых катализаторов. Катализаторы конверсии метана. Технологические схемы и режимы получения катализаторов. Катализаторы синтеза аммиака и азотной кислоты. Технология получения и аппаратура процесса.

41. Гигроскопические свойства неорганических веществ. Сорбционная капиллярная влагоемкость. Гигроскопическая точка и ее определение. Изотерма сорбции и растворимость. Скорость поглощения влаги. Коэффициент гигроскопичности. Сыпучесть. Цели и методы гранулирования. Требования к гранулам. Структурное гранулирование порошков в присутствии жидкой фазы. Гранулирование прессованием.

42. Технологические особенности химического получения неорганических неводных систем.

43. Требования к химическим аппаратам, механическая надежность и конструктивное совершенство, унификация и стандартизация. Классификация оборудования. Надежность химических аппаратов и технологических линий. Основные показатели надежности; вероятность отказа, интенсивность отказа, ресурс. Способы повышения надежности аппаратов и технологических линий. Резервирование, способы резервирования. Материалы для химической аппаратуры.

44. Условия эксплуатации химических аппаратов. Стойкость материалов в рабочей среде, их выбор. Металлы и сплавы, их характеристики, маркировка и области применения. Коррозия металлических конструкционных материалов, способы защиты от коррозии.

Неметаллические конструкционные материалы органические и неорганические их характеристика и области применения. Огнеупорные материалы. Теплоизоляционные материалы. Разрушение неметаллических конструкционных материалов.

45. Аппараты с перемешивающими устройствами (реакторы и кристаллизаторы). Конструкция и классификация сосудов. Расчет основных деталей на прочность. Конструкции мешалок и их выбор. Выбор аппарата. Основные показатели процесса перемешивания. Гидродинамика перемешивания. Влияние перемешивания на растворение и кристаллизацию.

Кристаллизаторы. Методы создания пересыщения. Типы кристаллизаторов их конструкция, принцип действия и выбор.

46. Аппараты для разделения суспензий. Отстойники и сгустители, их типы. Расчет скорости осаждения, площади и производительности отстойника. Центрифуги их классификация, маркировка, конструкция и принцип действия. Выбор центрифуг. Фильтры для разделения суспензий их классификация, маркировка, конструкция и принцип действия. Фильтровальные перегородки, вспомогательные фильтрующие вещества. Выбор фильтров. Промывка осадка. Методы промывки. Компоновка установок промывки.

47. Оборудование для получения материалов заданного гранулометрического состава. Принципы измельчения. Машины для дробления и помола, их типы, принцип действия, достоинства и недостатки. Организация измельчения. Компоновка схемы измельчения. Разделение твердых сыпучих материалов на фракции. Конструкции и принцип работы грохотов и классификаторов.

48. Аппараты для очистки газов. Классификация газовых взвесей. Аппараты механической, гидравлической и электрической очистки газов. Конструкция, принцип действия, достоинства и недостатки, степень очистки и области применения.

49. Транспортировка твердых материалов, жидкостей и газов. Конвейеры для горизонтального и вертикального перемещения сыпучих материалов. Системы пневмотранспорта. Питатели и дозаторы сыпучих материалов. Выбор вида транспорта. Насосы для перемещения жидкостей, основные типы. Основные характеристики работы поршневых и центробежных насосов. Выбор и эксплуатация.

50. Эксперимент: классификация, типы и задачи. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований. Методы и средства измерений, принципы их выбора, проверки, оценки их точности, их регулировки и градуировки. Влияние психологических факторов на ход и качество эксперимента. Вычислительный эксперимент.

51. Правила работы в химических лабораториях, техника безопасности проведения работы. Техника лабораторных работ: сборка установок, приготовление растворов, определение их концентраций, взвешивание, перемешивание, нагревание и охлаждение, фильтрование, перекристаллизация, экстрагирование, возгонка, сушка, определение плотности и дисперсности.

52. Современные инструментальные методы исследований. Общие сведения. Термический анализ: аппаратура, примеры использования в ТНВ. Рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализы. Методы оптической спектроскопии, применение инфракрасных спектров. Резонансные методы (ядерный магнитный и электронный парамагнитный резонанс) в ТНВ. Оптическая и электронная микроскопия: аппаратура, области использования. Методы агрохимических испытаний минеральных удобрений.

2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

2.1 Литература

а) основная литература:

1. Химическая технология неорганических веществ. Книга 1 [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Т.Г. Ахметов и [и др.]. –СПб: «Лань», 2016. –688 с.
2. Химическая технология неорганических веществ. Книга 2 [Электронный ресурс]: учеб. пособие /Т.Г. Ахметов и [и др.]. –СПб: «Лань», 2017. –536 с.
3. Ильин А.П. Производство азотной кислоты. /А.П. Ильин, А.В. Кунин. –СПб.: изд-во «Лань», 2013. –256 с.
4. Современные проблемы химической технологии неорганических веществ: [Электронный ресурс] /А.П. Ильин. –Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет. 2011. –133 с.
5. Научные основы приготовления катализаторов. Творческое наследие и дальнейшее развитие работ профессора И.П. Кириллова: Монография /А.П. Ильин. –Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет. 2008. –156 с.
6. Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика. /И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. –Долгопрудный: интеллект, 2010. –504 с.
7. Основы научных исследований: Учебное пособие /Б.И. Герасимов А.Г. [и др.]; –М: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. –171 с.
8. Шаскольская М.П. Кристаллография. /М.П. Шаскольская. –М.: Высш. шк., 1984. –392 с.
9. Шафрановский И.И. Краткий курс кристаллографии. /И.И. Шафрановский, В.Ф. Алявдин. –М.: Высшая школа, 1984. – 120 с.
10. Позин М.Е. Физико-химические основы неорганической технологии. /М.Е. Позин, Р.Ю. Зинюк Р.Ю. –Л.: Химия, 1985. –384 с.
11. Васильев В.П. Термодинамические свойства растворов электролитов: Учеб. пособие. /В.П. Васильев. –М.: Высш. школа, 1982. –320 с.
12. Захарьевский М.С. Кинетика и катализ: Учеб. пособие. /М.С. Захарьевский. –М.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1963. –314с.
13. Киреев В.А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций. /В.А. Киреев. –М.: Химия, 1970. –520 с.
14. Викторов М.М. Графические методы в технологии неорганических веществ. – /М.М. Викторов. –Л.: Химия, 1972. –464 с
15. Химическая технология неорганических веществ. В 2-х кн. /Под ред. проф. Ахметова Т.Г. –М.: Высшая школа, 2001. –561 с.
16. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. /М.Е. Позин. –Л.: Химия, 1983. –334 с; 1989. – 352 с.
17. Технология катализаторов /Под ред. И.П. Мухленова. –М.: Химия, 1989. –326 с.
18. Атрощенко В.И. Курс технологии связанного азота. /В.И. Атрощенко [и др.]. –М.: Химия, 1969. –384 с.

19. Миньковский М.А. Природная сера. /М.А. Миньковский. –М.: Химия, 1972. –240 с.
20. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. /А.Г. Амелин. –М.: Химия, 1983. – 360 с.
21. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Ч.1. /М.Е. Позин. –Л.: Химия, 1977. С.364-412.
22. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Ч.1. /М.Е. Позин. –Л.: Химия, 1970; Ч. 2, 1970.
23. Шокин И.Н. Технология соды. /И.Н. Шокин, С.А. Крашенинников. – М.: Химия, 1975. –236 с.
24. Якименко Л.М. Производство водорода, кислорода, хлора и щелочей. /Л.М. Якименко. –М.: Химия, 1981. –280 с.
25. Химическая технология неорганических веществ /Т.Г. Ахметов, В.М. Бусыгин, Л.Г. Гайсин и др. –М.: Химия, 1998. –486с.
26. Ахметов Т.Г. Химия и технология соединений бария. /Т.Г. Ахметов. –М.: Химия, 1974. –150с.
27. Хуснутдинов В.А. Оборудование производств неорганических веществ. /В.А. Хуснутдинов, Р.С. Сайфуллин, И.Г. Хабибуллин. –Л.: Химия, 1987. –248с.
28. Современные методы структурного анализа веществ: учебник /М.Ф. Куприянов, А.Г. Рудская, Н.Б. Кофанова. –Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2009. –288 с.

б) дополнительная литература:

29. Бойко С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия. /С.В. Бойко. –Красноярск: СФУ, 2015. –212 с.
30. Сайфуллин Р.С. Современная химико-физическая энциклопедия-лексикон (на русском и английском языках). Справочное и учебное издание. /Р.С. Сайфуллин, А.Р. Сайфуллин. –Казань: Изд-во Фэн АН РТ, 2010. –696 с.
31. Ченская В.В. Теоретические основы технологии неорганических веществ: учебное пособие [Электронный ресурс]. /В.В. Ченская, Т.Г. Черкасова, Е.В. Цалко. –Кемерово КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2010. –203 с.
32. Шевченко Т.М. Химическая технология неорганических веществ. Основные производства: учебное пособие. /Т.М. Шевченко, А.В. Тихомирова. –Кемерово КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. –195 с.
33. 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.
34. Павличенко Л.А. Термический анализ двухкомпонентных систем: учеб.-метод. пособие /Л.А. Павличенко, Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов. Казан. нац. исслед. технол. ун-т. –Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. –104 с.

35. Морачевский А.Г. Физическая химия. Гетерогенные системы (учебное пособие). /А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова – СПб: Издательство «Лань», 2015. –192 с.
36. Морачевский А.Г. Физическая химия. Термодинамика химических реакций (учебное пособие). /А.Г. Морачевский, Е.Г. Фирсова – СПб: Издательство «Лань», 2015. –112 с.
37. Лыгина Т.З. Физико-химические и адсорбционные методы исследования неорганических природных минеральных сорбентов: Учебное пособие. /Т.З. Лыгина, О.А. Михайлова. –Казань, Изд-во КГТУ, 2008. –80 с.
38. Кошкарлов О.Д. Технология калийных удобрений. /О.Д. Кошкарлов, И.Д. Соколов. –Л.: Химия, 1978. –246 с.
39. Боресков Г.К. Гетерогенный (гетерофазный) катализ. /Г.К. Боресков. –М.: Наука, 1986. –304 с.
40. Ганз С.Н. Технологические процессы и оборудование производства синтез-газа и связанного азота. /С.Н. Ганз. –Харьков: ХГУ, 1960. –550 с.
41. Беньковский С.В. Технология содопродуктов. /С.В. Беньковский, С.М. Круглый, С.К. Секованов. –М.: Химия, 1972. –352 с.
42. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. /А.Э. Генкин. –М.: Высш.шк., 1986. –280с.
43. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. /А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. –Л.: Машиностроение, 1970. –52с.
44. Прокофьев В.Ю. Оборудование производств неорганических веществ. [Электронный ресурс] /В.Ю. Прокофьев. –Иваново: ИГХТУ, 2015. – 115 с.
45. Прокофьев, В.Ю. Основы проектирования производств неорганических веществ. [Электронный ресурс]. /В.Ю. Прокофьев. –Иваново: ИГХТУ, 2015. –131 с.
46. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования. [Электронный ресурс] /В.И. Косинцев, А.И. Михайличенко, Н.С. Крашенинникова, В.М. Миронов. –Томск: ТПУ, 2013. –395 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.