

**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

« 14 » декабря 20 22 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

2.6.7. ТЕХНОЛОГИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Москва 2022 г

Программа составлена профессором кафедры технологии неорганических веществ и электрохимических процессов Коньковой Т.В., заведующей кафедрой технологии изотопов и водородной энергетики Растуновой И.Л.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

1. Теоретические основы технологии неорганических веществ.

Введение, классификация процессов по количеству и типу фаз. Термодинамика и кинетика обратимых и необратимых процессов в технологии неорганических веществ. Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья. Физико-химические процессы растворения, выщелачивания, кристаллизации, экстракции, абсорбции, флотации, обжига, их термодинамические и кинетические характеристики. Физико-химические основы получения низких температур. Термодинамика и кинетика процессов изотопного обмена. Теоретические основы процессов тонкого разделения, изотопное равновесие, способы умножения однократного разделительного эффекта, принципы каскадирования. Классификация особо чистых веществ, природа примесей. Методы глубокой очистки веществ: химические, физические, физико-химические методы.

Адсорбция. Теоретические основы адсорбции, её виды, и их применение в технологии неорганических веществ. Кинетика адсорбции. Адсорбционное разделение воздуха. Ионный обмен. Типы ионитов, их свойства. Термодинамика и кинетика ионного обмена, селективность. Катализ и каталитические процессы. Механизм и кинетика гетерогенно-каталитических процессов. Технология адсорбентов и катализаторов.

2. Технологии неорганических веществ, основанные на фазовом равновесии.

Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки минерального сырья в неорганические продукты.

Классификация минеральных удобрений Свойства и применение. Способы получения. Соли и неорганические реактивы. Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот. Физико-химические основы получения экстракционной фосфорной кислоты, двойного суперфосфата, соды, поташа, гидроксида натрия и калия.

Ректификация как метод разделения изотопов легких элементов. Изотопное равновесие в системах жидкость-пар и газ-твердое тело.

3. Сорбционные, каталитические и химобменные процессы в технологии неорганических веществ.

Технология аммиака, азотной и серной кислоты. Их свойства и применение, способы производства из различного сырья.

Источники загрязнения, их свойства и характеристики - газообразные, жидкие и твердые отходы. Способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей. Утилизация отходов.

Разделение изотопов легких элементов методом химического изотопного обмена, рабочие системы, технологические схемы. Катализаторы в технологии разделения изотопов легких элементов.

Вопросы для кандидатского экзамена по научной специальности

2.6.7. Технология неорганических веществ

Кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов; кафедра общей химической технологии.

1. Физико-химические основы кристаллизации из растворов.
2. Физико-химические основы процесса растворения и выщелачивания твёрдых веществ.
3. Физико-химические основы получения низких температур методом изо-энтальпийного расширения газа. Физическая сущность процесса. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффекты.
4. Катализаторы: основные свойства, способы получения катализаторов.
5. Физико-химические основы экстракции, механизмы, примеры.
6. Ионный обмен: механизм, селективность, статика и динамика ионного обмена. Типы и структура ионитов.

7. Классификация особо чистых веществ, природа примесей. Методы глубокой очистки веществ.
8. Физико-химические основы процессов адсорбции. Основные типы промышленных адсорбентов.
9. Катализ в технологии неорганических веществ. Стадии гетерогенно-каталитического процесса. На примере неорганического производства рассмотреть кинетику и механизм каталитического процесса, применяемые катализаторы.
10. Физико-химические основы абсорбции, примеры.
11. Флотация. Теоретические основы процесса, области применения. Виды флотационных реагентов.
12. Сырье в технологии основного неорганического синтеза: виды, доступность, методы подготовки к переработке.
13. Роль минеральных солей и удобрений в жизни растений. Классификация удобрений.
14. Слеживаемость минеральных удобрений: причины, способы борьбы с ней.
15. Физико-химические основы конверсии метана и оксида углерода, применяемые катализаторы.
16. Производство серной кислоты, физико-химические основы процесса в зависимости от типа используемого сырья. Катализаторы процесса и механизм их действия.
17. Сырьё для производства фосфорных удобрений. Получение экстракционной фосфорной кислоты: свойства, физико-химические основы процесса.
18. Фосфорные удобрения: классификация, физико-химические основы и блок-схемы процессов получения.
19. Физико-химические основы прямого синтеза концентрированной азотной кислоты, факторы, влияющие на скорость процесса и выход целевого продукта.
20. Производство синтетического аммиака. Физико-химические основы процесса, механизм, кинетика, катализаторы, каталитические яды.
21. Калийное сырьё. Получение хлорида калия из сильвинита политермическим (галургическим) методом: физико-химические основы процесса.
22. Азотные удобрения, сырьё для их производства. Получение аммиачной селитры: свойства, физико-химические основы процесса.
23. Производство нитрофосфатов азотнокислотным разложением фосфатного сырья: физико-химические основы процесса.

24. Экологические аспекты технологии неорганических веществ. Отходы и выбросы: их типы, обезвреживание, переработка и утилизация.

Кафедра технологии изотопов и водородной энергетики.

25. Реакции гомомолекулярного изотопного обмена. Значения их константы равновесия при бесконечно высокой температуре.

26. Формальная кинетика реакций изотопного обмена. Расчет экспериментальной константы скорости реакции изотопного обмена при значении коэффициента разделения много больше единицы.

27. Понятие разделительных элементов первого и второго рода в процессах разделения изотопов легких элементов.

28. X-Y-диаграмма. Рабочая и равновесные линии. Расчет числа теоретических ступеней разделения с использованием X-Y-диаграммы.

29. Каскады из разделительных элементов первого рода. Идеальный каскад.

30. Процессы фазового изотопного обмена в технологии разделения изотопов легких элементов, их основные характеристики.

31. Формальная кинетика реакций изотопного обмена. Вывод уравнения для определения экспериментальной константы скорости реакции изотопного обмена при коэффициенте разделения близком к единице.

32. Связь между константой равновесия и коэффициентом разделения реакций химического изотопного обмена.

33. Основы обратимых процессов разделения изотопов легких элементов, природа возникновения разделительных эффектов, их величина.

34. Каскады из разделительных элементов второго рода. Сравнение величин потоков в идеальном и прямоугольном каскадах.

35. Концентрационная зависимость коэффициентов разделения в реакциях химического изотопного обмена с участием водорода.

36. Процессы химического изотопного обмена в технологии разделения изотопов легких элементов, их основные характеристики.

37. Использование катализаторов в процессах разделения изотопов легких элементов.

38. Технология тяжелой воды. Методы производства и типовые технологические схемы.

39. Разделение изотопов водорода ректификацией. Сравнение используемых рабочих систем.

40. Технология разделения изотопов кислорода. Сравнение используемых рабочих систем.

41. Технология разделения изотопов бора. Сравнение используемых рабочих систем.
42. Технология разделения изотопов углерода. Сравнение используемых рабочих систем.
43. Защита окружающей среды от выбросов трития объектами ядерной энергетики. Методы детритизации газовых и жидкостных потоков.
44. Технология разделения изотопов азота. Сравнение используемых рабочих систем.

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Конькова Т.В., Либерман Е.Ю. Теоретические и практические основы технологии неорганических веществ Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2020. 240 с.
2. Конькова Т.В., Либерман Е. Ю. Основы технологии катализаторов гетерогенных процессов // Учебное пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2018. 120
3. Петропавловский И.А., Дмитриевский Б.А., Левин Б.В., Почиталкина И.А. Химия и основы технологии минеральных удобрений. СПб.: Проспект Науки. 2021. 344 с.
4. Розенкевич М.Б. Термодинамика и кинетика процессов разделения изотопов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2011. 80 с.
5. Сахаровский Ю.А., Чередниченко С.А., Розенкевич М.Б. Теоретические основы процессов тонкого разделения смесей. М.: РХТУ им. Д.И, Менделеева. 2016. 112 с.
6. Варезкин А.В. Физико-химические основы получения высокочистых веществ, М.: РХТУ, им. Д.И. Менделеева, 2019, 176 с.

Дополнительная литература

1. Электротермические процессы химической технологии, под ред. В.А. Ершова. Л.: Химия, 1984. 464 с.
2. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. М.: Химия, 1999. 472 с.
3. Семенов В.П., Кисилев Г.Ф., Орлов А.А. Производство аммиака. М.: Химия, 1985. 368 с.
4. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985. 385 с.

5. Розовский А.Я. Гетерогенные химические реакции. М.: Наука, 1980. 324 с.

6. Широков Ю.Г. Теоретические основы технологии неорганических веществ. Иваново: ИГХТУ, 2000. 336 с.

7. Андреев Б.М., Зельвенский Я.М., Кательников С.Г. Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике. М.: ИздАТ, 2000. 344 с.

8. Андреев Б.М., Магомедбеков Э.П., Райтман А.А., Розенкевич М.Б., Сахаровский Ю.А., Хорошилов А.В. Разделение изотопов биогенных элементов в двухфазных системах, М.: ИздАТ. 2003 376 с.