

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ
Председатель приемной комиссии,
ректор ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

_____ Попов В. Н.

«31» марта 2022 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

по научной специальности основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

2.6.7 Технология неорганических веществ

Воронеж 2022

Программа предназначена для лиц, имеющих диплом магистра, диплом специалиста (для поступающих в аспирантуру).

1. Организация внутреннего вступительного испытания

1.1. Вступительное испытание проводится в письменной форме.

1.2. Вступительное испытание содержит включает 2 теоретических, практически значимых вопроса по базовым дисциплинам общепрофессиональной и специальной подготовки специалистов и магистров и 1 кейс-задание.

1.3. Вступительное испытание оценивается по 100-балльной шкале.

1.4. Длительность вступительного испытания составляет 3 часа.

2. Перечень разделов базовых дисциплин, выносимых на вступительное испытание:

1. Гетерогенные фазовые равновесия

Равновесие гетерогенных систем. Правило фаз. Способы выражения концентраций многокомпонентных систем. Классификация фазовых диаграмм. Методы расчета по фазовым диаграммам. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора. Двухкомпонентные системы. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем: политерма, полибара. Поля кристаллизации. Эвтектика.

Кривые растворимости и плавкости с явными и скрытыми максимумами. Процессы испарения, кристаллизации, охлаждения и нагревания. Трехкомпонентные системы. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем: политерма, изобара, изотерма.

Объемы и поля кристаллизации. Эвтоника. Изображение состава систем. Системы с образованием кристаллогидратов. Процессы растворения и испарения.

2. Процессы разделения в технологии неорганических веществ

Растворение твердых веществ. Виды процессов растворения: физическое растворение, химическое растворение, экстрагирование из твердого. Скорость растворения и пути ее повышения. Процессы растворения фосфатных руд при производстве удобрений сернокислотным и азотнокислотным методами.

Кристаллизация из растворов. Насыщенные и пересыщенные растворы. Политермическая и изотермическая кристаллизация. Высаливание. Осаждение. Стадии кристаллизации. Кинетика массовой кристаллизации. Интенсификация процессов кристаллизации. Промышленные методы кристаллизации.

Экстракция. Применение экстракции в технологии неорганических солей и кислот. Свойства экстрагентов и селективность извлечения. Катионообменная и анионообменная экстракция. Влияние на селективность извлечения металлов состава водной фазы. Критерии выбора промышленных экстрагентов. Способы осуществления процессов экстракции. Одноступенчатая экстракция, многоступенчатая противоточная экстракция. Материальный баланс и особенности расчета экстракционных каскадов.

Ионный обмен. Особенности использования ионообменных процессов в получении неорганических веществ. Типы ионитов. Катионообменные, анионообменные смолы. Свойства ионитов. Термодинамика ионообменного равновесия. Кинетика и динамика ионного обмена. Коэффициент распределения ионов. Селективность. Разделение смеси ионов. Применение ионного обмена в процессах водоподготовки.

Абсорбция. Применение абсорбционных процессов в технологии неорганических веществ. Виды абсорбентов. Равновесие и кинетика газожидкостных реакций. Дифференциальные уравнения абсорбции газов неподвижными жидкостями и их решения. Особенности расчета абсорбции, сопровождаемой обратимой реакцией. Абсорбция перемешиваемыми жидкостями и ее модели.

Адсорбция. Виды адсорбции и их применение в промышленности

неорганических веществ. Избирательность адсорбции, коэффициент разделения. Кинетика адсорбции и десорбции из гранул адсорбента. Динамика адсорбции. Уравнение материального баланса. Модели динамики адсорбции: равновесная и неравновесная изотермическая адсорбция, неизотермическая адсорбция.

Мембранное разделения газов. Влияние технологических параметров на эффективность разделения. Виды мембран и материалы для их изготовления. Конструктивные особенности основных аппаратов.

Криогенная очистка и разделение газовых потоков. Методы получения низких температур. Термодинамика криогенных процессов. Холодильные циклы. Холодильные машины. Очистка газов от паров воды и оксида углерода методом вымораживания. Получения азота, кислорода и редких газов криогенным методом. Низкотемпературное разделение коксового газа. Характеристика основной аппаратуры криогенных процессов.

3. Катализ и каталитические процессы

Гетерогенный катализ в технологии неорганических веществ. Промотирование катализаторов. Свойства промышленных катализаторов. Основные факторы, влияющие на свойства промышленных катализаторов.

Определение активности катализаторов через степень превращения, скорость и константу скорости реакций. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций, основные стадии, понятие лимитирующей стадии реакции. Основные механизмы гетерогенно-каталитических реакций. Влияние реакционной среды на состояние катализатора и вид кинетического уравнения.

4. Неорганический синтез

Синтез аммиака. Катализаторы синтеза аммиака, их свойства и методы получения. Технология процесса. Классификация систем синтеза и их отличия по технологическим параметрам. Особенности энерготехнологии при получении аммиака. Расчет и анализ материальных и тепловых балансов технологической схемы синтеза аммиака. Конструктивные особенности

основного оборудования. Проблемы экологии при синтезе аммиака.

Синтез карбамида (мочевины). Области применения и основные свойства карбамида. Физико-химические основы синтеза мочевины. Методы рециркуляции аммиака и диоксида углерода. Технология процесса с жидкостным рециклом. Технология упарки плава карбамида. Основная аппаратура, требования к конструкционным материалам. Пути интенсификации технологии и синтеза карбамида. Интегральное производство аммиака, метанола и карбамида. Особенности технологии и основные оборудования.

Технология азотной кислоты. Области применения и основные свойства разбавленной азотной кислоты. Основные стадии процесса при получении азотной кислоты из синтетического аммиака. Окисление аммиака кислородом воздуха. Физико-химические основы процесса. Катализаторы процесса, их особенности и свойства. Механизм катализа. Потери платиновых катализаторов и пути их снижения. Окисление оксида азота. Равновесие и кинетика процесса. Абсорбция оксидов азота с получением разбавленной азотной кислоты. Химизм процесса. Обоснование технологических режимов стадий окисления оксида азота и абсорбции полученных продуктов. Промышленные агрегаты производства разбавленной азотной кислоты, их классификация по технологическим параметрам. Технологические схемы процессов. Особенности энерготехнологии при производстве азотной кислоты. Основное оборудование. Проблемы экологии при синтезе разбавленной азотной кислоты.

Технология серной кислоты. Области применения и основные физико-химические свойства серной кислоты. Методы производства. Сырье для получения серной кислоты. Получение диоксида серы. Контактный метод производства серной кислоты. Основные стадии процесса. Физико-химические основы процесса. Катализаторы окисления, их свойства и методы получения. Контактные аппараты, их конструктивные особенности. Пути интенсификации сернокислотного производства. Получение серной

кислоты методом двойного контактирования и двойной абсорбции (ДКДА). Проблемы охраны окружающей среды при производстве серной кислоты.

5. Технология основных солевых и щелочных продуктов

Азотные удобрения. Сульфат аммония. Сырьевые источники, физико-химические основы производства. Организация технологии. Нитрат аммония. Сырьевые источники, физико-химические основы производства. Организация технологии. Способы улучшения потребительских свойств аммиачной селитры. Жидкие азотные удобрения. Требования к свойствам. Методы получения.

Калийные удобрения. Анализ солевых систем, используемых для получения хлорида и сульфата калия. Обоснование температурно-концентрационных режимов. Варианты технологической реализации процессов. Специфика оборудования производства хлорида калия галургическим методом.

Фосфорные удобрения. Методы переработки фосфатного сырья с целью получения фосфорсодержащих удобрений и солей. Влияние температурно-концентрационных параметров на процесс кислотного разложения сырья и кристаллизации продуктов реакций. Обоснование технологических режимов получения простого и двойного суперфосфатов и экстракционной фосфорной кислоты с различной гидратностью сульфата кальция. Полифосфорные кислоты: свойства, физико-химические основы и методы получения.

Комплексные удобрения. Нитрат калия. Конверсионные способы получения нитрата калия: физико-химические основы, технологические схемы. Аммофосы и нитроаммофоски. Получение фосфатов аммония на основе нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком: физико-химические основы, технологические схемы, режимы, аппаратура. Перспективы развития технологии сложных удобрений.

3. Список рекомендуемой литературы

1. Основы неорганического синтеза : учебное пособие / Т. Г. Черкасова, О. А. Кузнецова, Н. Н. Чурилова, Т. М. Шевченко. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. — 110 с.

2. Химическая технология неорганических веществ. Книга 1 : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Ахметова, Л. Г. Гайсин, Л. Т. Ахметова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 688 с.

3. Химическая технология неорганических веществ. Книга 2 : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Ахметова, Л. Г. Гайсин, Л. Т. Ахметова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 536 с.

4. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 200 с.

5. Ильин, А. П. Производство азотной кислоты : учебное пособие / А. П. Ильин, А. В. Кунин. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 256 с.

6. Свечникова, Л. А. Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах : учебник / Л. А. Свечникова, В. И. Темных, А. М. Токмин. — Красноярск : СФУ, 2019. — 284 с.

7. Фролкова, А. В. Физико-химические основы процессов разделения : учебное пособие / А. В. Фролкова, А. К. Фролкова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 80 с.

8. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии: учебное пособие / Б. Фахльман; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. . — Долгопрудный: Интеллект, 2011. — 464 с.

4. Примерный образец контрольно-измерительного материала

Минобрнауки России
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Экзаменационный билет № 1

1. Абсорбция. Основные закономерности, способы реализации и особенности процесса в технологии неорганических веществ.

2. Технология азотной кислоты. Блок-схема производства. Свойства и применение азотной кислоты.

3. На производстве часто встает вопрос замены катализатора для увеличения выхода продукта.

3.1. Определить изменение степени использования внутренней поверхности пористого катализатора;

3.2. Определить изменение наблюдаемой скорости превращения при проведении реакции типа $S \rightarrow P$ на пластинчатом катализаторе с толщиной пластинки 4 мм. Коэффициент диффузии реагента S в катализаторе не зависит от температуры и равен $0,4 \text{ см}^2/\text{с}$. Температуру изменили с 733 К до 750 К, а при температуре 680 К константа скорости реакции $0,80 \text{ с}^{-1}$. Энергия активации этой реакции составляет 45 кДж/моль. Концентрация реагента S в исходном потоке остается постоянной и равна $0,030 \text{ моль/дм}^3$.