

1. Пояснительная записка

1.1. Вступительные испытания в аспирантуру предназначены для определения теоретической и практической подготовленности магистров или специалистов к выполнению профессиональных задач в соответствии с программой аспирантуры 2.6.7 «Технология неорганических веществ».

1.2. Программа охватывает вопросы по всем базовым дисциплинам, изучаемых в пределах подготовки магистров и специалистов по направлениям, соответствующим укрупненным группам подготовки 18.04.00 «Химическая технология», 04.04.01 «Химия», соответствующие уровню знаний магистратуры, знание которых необходимо для последующего освоения дисциплин программы аспирантуры.

1.3. В рамках вступительных испытаний экзаменуемый должен продемонстрировать знание:

- методов, способов и средств получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения;

- физико-химических методов обработки материалов;

- создания, внедрения и эксплуатации производств основных неорганических веществ, строительных материалов, продуктов основного и тонкого органического синтеза, полимерных материалов, продуктов переработки нефти, газа и твердого топлива, лекарственных препаратов, энергонасыщенных материалов и изделий на их основе.

2. Порядок проведения вступительных испытаний

2.1. Вступительные испытания проводятся в соответствии со следующим порядком:

- экзаменуемый получает билет, содержащий три теоретических вопроса;

- экзаменуемый письменно отвечает на содержимое билета на официальном бланке;
- проводится устное собеседование на основе письменного ответа, в случае необходимости задаются дополнительные вопросы из перечня вопросов к экзамену;
- на устный опрос экзаменуемого отводится не более 30 минут;
- по результатам проведения вступительного экзамена комиссия проводит закрытое заседание, определяя итоговую оценку;
- итоговая оценка вступительного экзамена выставляется по 5-балльной шкале - «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»;
- в случае, если голоса членов комиссии распределились поровну, то окончательное решение об оценке остается за председателем экзаменационной комиссии;

3. Содержание вступительного испытания

3.1. В ходе проведения вступительного испытания экзаменуемый должен продемонстрировать знание:

- теоретических основ получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты;
- технологические процессы (химические, физические и механические) изменения состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов.

3.2. В ходе проведения вступительного испытания экзаменуемый должен продемонстрировать умение:

- использовать в проведении исследований способы и процессы защиты окружающей среды от выбросов производств неорганических продуктов, утилизацию и обезвреживание неорганических производственных отходов;

- проводить оценку экологической обстановки, определять приоритетные загрязнители в химической и нефтехимической отрасли, тенденции к изменению количества и качества загрязнений;

- использовать способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей.

3.3. В ходе проведения вступительного испытания экзаменуемый должен продемонстрировать владение:

- углубленным знанием методологических и теоретических основ отраслевой науки;

- инновационных технологий, статей, патентов, связанных с функционированием отрасли;

- навыков и умений самостоятельной научно-исследовательской деятельности;

- навыками использования средств разработки, технологических расчетов, проектирования, управления технологическими процессами и качеством продукции применительно к производственным процессам получения неорганических продуктов.

4. Критерии и нормы оценки

Форма проведения экзамена	Критерии и нормы оценки	
Письменно по билетам	«отлично»	Поступающий дает своевременно правильный и полный ответ на 3 вопроса из билета в соответствии с программой дисциплины, хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, решает задачи с пояснением.
	«хорошо»	Поступающий дает своевременно правильный и неполный ответ на 3 вопроса из билета в соответствии с программой дисциплины, хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, решает задачи с пояснением.
	«удовлетворительно»	Поступающий дает своевременно правильный и полный ответ на 2 вопроса из билета, на 3 вопрос ответ неполный с замечаниями в соответствии с программой дисциплины, хорошо владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы с пониманием, приводит примеры, решает задачи схематически
	«неудовлетворительно»	Поступающий дает не правильный и не полный ответ по дисциплине, не отвечает ни на один из вопросов билета, не может ответить ни на один дополнительный вопрос, задачи не решены.

5. Вопросы к экзамену

№ п/п	Вопросы
1.	Термодинамические свойства неорганических веществ - энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Тепловой эффект химической реакции.
2.	Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных системах. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций.
3.	Кинетика химических реакций. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов, способы ускорения химических превращений. Кинетика реакций катализа.
4.	Основы химической кинетики. Определение важнейших кинетических характеристик: порядка реакции, энергии активации.
5.	Скорость химической реакции, ее зависимость от концентрации реагентов
6.	Физико-химический анализ. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.
7.	Основные процессы в технологии неорганических веществ: термохимические процессы. Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза, окислительно-восстановительные процессы.
8.	Основные процессы в технологии неорганических веществ: каталитические процессы. Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора.
9.	Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Гомогенный и гетерогенный катализ. Влияние катализатора на скорость реакции.
10.	Методы разделения многокомпонентных смесей. Кристаллизация из растворов, расплавов и газовой фазы, фракционная конденсация, ректификация, абсорбция, адсорбция, ионный обмен, экстракция, электрохимические методы. Особенности процессов разделения и технические способы их реализации.

11.	Подготовка сырья. Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья: дробление, флотация, обжиг, растворение, сепарация.
12.	Минеральные удобрения, их классификация, агрохимическая эффективность.
13.	Производство комплексных минеральных удобрений. Виды удобрений. Смешанные удобрения
14.	Азот. Проблемы связанного азота. Основные сырьевые источники и потребители азота. Методы связывания азота.
15.	Выделение азота из воздуха. Процессы дросселирования газов.
16.	Физико-химические основы процесса разделения воздуха. Принципиальная технологическая схема блока разделения воздуха. Характеристика получаемых продуктов: кислорода, азота. Их применение.
17.	Сырье в производстве аммиака. Конверсионные способы получения азотоводородной смеси.
18.	Физико-химические основы конверсии метана. Применяемые катализаторы. Яды.
19.	Технологические схемы и аппараты процессов конверсии углеводородных газов: трубчатые печи, шахтные конверторы.
20.	Двухступенчатая конверсия метана: первичный и вторичный риформинг. Принципиальная технологическая схема. Оптимальные условия конверсии.
21.	Конверсия оксида углерода. Различные способы конверсии.
22.	Двухступенчатая конверсия оксида углерода: высокотемпературная и низкотемпературная конверсия. Принципиальная технологическая схема. Оптимальные условия конверсии.
23.	Сероочистка природного газа. Физико-химические основы процесса.
24.	Очистка конвертированного газа от оксида и диоксида углерода.
25.	Принципиальная технологическая схема процесса абсорбции, регенерации. Состав абсорбента. Принципиальная технологическая схема процесса метанирования. Катализаторы.
26.	Синтез аммиака. Физико-химические основы процесса. Катализаторы. Яды.
27.	Принципиальная технологическая схема синтеза аммиака. Оптимальные условия процесса. Аммиачно-холодильная установка.
28.	Характеристика аммиака. Техничко-экономические показатели производства. Стоки и выбросы. Применение аммиака.

29.	Производство азотной кислоты. Характеристика азотной кислоты. Требования к качеству сырья. Подготовка сырья к процессу конверсии аммиака. Применение азотной кислоты.
30.	Основные стадии производства азотной кислоты. Физико-химические основы процесса. Катализаторы конверсии. Яды.
31.	Принципиальные технологические схемы производства азотной кислоты. Оптимальные условия процесса. Очистка выхлопных газов.
32.	Основные стадии получения метанола. Способы получения синтез - газа. Физико-химические основы процесса. Катализаторы конверсии.
33.	Принципиальная технологическая схема каталитической парокислородной конверсии природного газа с дозированием диоксида углерода. Оптимальные условия процесса.
34.	Синтез метанола. Физико-химические условия процесса. Оптимальные условия синтеза. Состав метанола-сырца.
35.	Ректификация метанола-сырца. Физико-химические условия процесса. Принципиальная технологическая схема ректификации. Состав метанола-ректификата.
36.	Характеристика и классификация сырья по происхождению, агрегатному и химическому составу.
37.	Физико-химические основы синтеза аммиака. Равновесный выход аммиака. Условия, влияющие на равновесие реакции.
38.	Физико-химические основы окисления аммиака. Основные катализаторы.
39.	Физико-химические основы паро-кислородной конверсии природного газа
40.	Физико-химические основы конверсии оксида углерода.
41.	Колонны синтеза аммиака, особенности конструкции.
42.	Физико-химические основы процесса абсорбции в технологии серной кислоты
43.	Устройство трубчатой печи паровой конверсии метана. Утилизация тепла дымовых газов.
44.	Способы получения водорода и азота – сырья для синтеза аммиака.
45.	Очистка конвертированного газа от диоксида углерода в производстве аммиака.
46.	Переработка оксидов азота в азотную кислоту, кинетика и равновесие процесса.
47.	Селективная каталитическая очистка хвостовых газов от оксидов азота.
48.	Концентрирование азотной кислоты с помощью водоотнимающих добавок.

49.	Энерготехнологическая схема производства аммиака с рекуперацией энергии стадий получения синтез-газа
50.	Производство карбамида. Характеристика карбамида. Области
51.	Основные стадии процесса синтеза карбамида. Физико-химические основы процесса: синтеза, дистилляции, выпаривания, гранулирования.
52.	Технологические схемы производства карбамида Принципиальная технологическая схема с полным жидкостным рециклом. Оптимальные условия процесса. Очистка сточных вод и отходящих газов.
53.	Производство аммиачной селитры. Характеристика продукта. Области применения. Сырье.
54.	Физико-химические основы процесса: синтеза, выпаривания, гранулирования. Принципиальная технологическая схема процесса синтеза аммиачной селитры. Оптимальные условия процесса. Техноэкономические показатели работы агрегата
55.	Фосфатное сырье. Виды. Его подготовка. Принципиальная технологическая схема обогащения фосфоритной руды. Схема переработки фосфатного сырья в целевые продукты.
56.	Свойства фосфора и его соединений. Применение фосфора и фосфатов. Получение фосфора электротермическим способом. Получение термической фосфорной кислоты.
57.	Сернокислотное разложение природных фосфатов. Физико-химические основы процесса получения суперфосфата и принципиальная технологическая схема. Производство экстракционной фосфорной кислоты.
58.	Азотно-кислотная переработка фосфатов. Физико-химические основы процессов: разложения, кристаллизации нитрата кальция, аммонизации азотно-фосфорнокислых растворов, выпаривания и гранулирования.
59.	Принципиальная технологическая схема производства нитроаммофоски: мокрого отделения, отделения конверсии нитрата кальция и выпарки аммиачной селитры, выпарки азотно-фосфорнокислой пульпы и отделения предварительной сушки хлористого калия, нитроаммофоски, его обработки.
60.	Характеристика нитроаммофоски. Свойства сырья и сопутствующих продуктов.
61.	Калийные удобрения. Классификация. Принципиальная технологическая схема получения хлористого калия галургическим методом.
62.	Экологические проблемы производства серной кислоты и методы их решения

63.	Основные стадии производства аммиачной селитры, технологическая схема с использованием тепла реакции нейтрализации.
64.	Простой и двойной суперфосфаты. Методы их производства.
65.	Способы и основные стадии производства кальцинированной соды.
66.	Аммиачный способ производства кальцинированной соды и пути его интенсификации.
67.	Экологические проблемы в неорганической технологии. Комплексное использование сырья.
68.	Основы получения низких температур. Примеры циклов охлаждения.
69.	Технология производства щелочей. Способы и схемы производства.
70.	Физико-химические условия контактного окисления диоксида серы.

6.Рекомендуемая литература

- 1 Химическая технология неорганических веществ : учебное пособие / Т. Г. Ахметов, В. М. Бусыгин, Л. Г. Гайсин, Р. Т. Ахметова ; под редакцией Т. Г. Ахметова. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019 – 452 с.
- 2 Козадерова, О. А. Задачи и упражнения по химической технологии неорганических веществ : учебное пособие / О. А. Козадерова, С. И. Нифталиев, К. Б. Ким. – Воронеж : ВГУИТ, 2019 – 59 с.

7. Дополнительная литература

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия : учеб, для вузов / Н. С. Ахметов. - Изд. 7-е, стер.; Гриф МО. - М. : Высш. шк., 2009. – 743 с. : ил. – Библиогр.: с. 727. – Предм. указ.: с. 728-736 . :
2. Балецкая Л. Г. Неорганическая химия : учеб, пособие для вузов / Л. Г. Балецкая. – Ростов н/Д : Феникс, 2010. – 317 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 316-317.
3. Гельфман М. И. Неорганическая химия: учеб, пособие для студ., обуч. по технол. направлениям и спец. / М. И. Гельфман, В. П. Юстратов. – Изд. 2-е, стер. – СПб. [и др.] : Лань, 2009. – 527 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Библиогр.: с. 502. – Прил.: с. 505-510. – Предм.-имен. указ.: с. 511-519
4. Хаханина Т. И. Неорганическая химия : учеб, пособие / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, В. И. Гребенькова. – Гриф УМО. – М. : Юрайт, 2010. – 288 с. – (Основы наук). – Библиогр.: с. 288.
5. Ахметов Н.С. Актуальные вопросы курса неорганической химии. – М.: Просвещение, 1991.
6. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии: учеб. для вузов. – М.: Химия, 1999. – 470 с.
7. Гузей Л.С. Энергетика и кинетика химических реакций. – М.: МГУ, 1992.
8. Милаева Е.Р. Основы общей и неорганической химии. – М., МГПУ, 2002
9. Алтухов К.В., Мухленов И.П., Тумаркина Е.С. Химическая технология. – М., Просвещение, 1985.
10. Мухленов И.П. Общая химическая технология под ред. И. П. Мухленова – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 248 стр., ил.