

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т.Ф. ГОРБАЧЕВА»



**УТВЕРЖДАЮ**

Председатель приемной комиссии

А.Н. Яковлев

2025 г.

Председатель экзаменационной  
комиссии

К.С. Костиков

2025 г.

**ПРОГРАММА**

вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру  
по научной специальности

2.6.7. Технология неорганических веществ

Кемерово 2025

## **1. Общие положения**

### **1.1. Общие требования**

1.1. Программа вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, разработана на основании паспорта специальности и одобрена на заседании кафедры химии, технологии неорганических веществ и наноматериалов.

1.2. Вступительные испытания для поступающих в аспирантуру проводятся с целью определения степени готовности поступающего к освоению основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

1.3. Для всех поступающих, обязательным является прохождение вступительного испытания в письменной форме. Экзамен проводится с использованием перечня вопросов, которые разрабатываются профилирующей кафедрой на основе данной программы, и утверждаются председателем приемной комиссии.

1.4. Каждый экзаменационный билет содержит два вопроса, на которые необходимо дать развернутые и полные ответы. Письменные ответы делаются в произвольной форме.

1.5. Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале. Общее количество баллов распределяется следующим образом: каждый вопрос – не более 50 баллов. Минимальный пороговый балл для прохождения вступительного испытания в письменной форме составляет 50 баллов.

## **2. Содержание программы вступительных испытаний для поступающих в аспирантуру по научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ**

### **2.1. Теоретические основы химической технологии неорганических веществ**

Химико-технологический процесс. Компоненты технологического процесса. Химический процесс. Технологические параметры. Технологическая схема.

Охлаждение в химической технологии. Основы получения низких температур. Холодопроизводительность холодильной установки.

Современные представления о природе растворов. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах.

Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель pH, шкала pH. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Гидролиз. Современные взгляды на природу кислот и оснований.

Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов. Закон разбавления Оствальда.

Произведение растворимости. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов и факторы, его смещающие.

Электрохимические свойства растворов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Электролиз.

Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

Концентрированные растворы электролитов. Физико-химические параметры концентрированных растворов. Активность компонентов раствора. Растворение вещества в воде. Смещение растворов. Химическое взаимодействие при смешивании растворов. Пересыщенные растворы. Пересыщение в газовой фазе и образование тумана.

Растворение твердых веществ. Гетерогенные процессы в системе газ (жидкость) – твердое вещество. Гетерогенные процессы в системе газ – жидкость (газожидкостные реакции). Выщелачивание. Выпаривание водных растворов.

Кристаллизация из растворов. Образование зародышей и рост кристаллов. Массовая кристаллизация. Методы промышленной кристаллизации. Загрязнение кристаллов примесями. Очистка растворов осаждением примесей. Кристаллизация из расплавов.

Гигроскопичность и слеживаемость неорганических веществ. Гигроскопические свойства кристаллических веществ. Гигроскопическая точка. Слеживание сыпучих материалов. Причины потери сыпучести. Способы предотвращения слеживания. Гранулирование.

Экстрагирование. Метод экстракции. Обезвоживание растворов и кристаллизация солей.

Флотация. Виды флотации. Флотационные реагенты. Типы флотационных машин.

Высокотемпературная обработка твёрдых веществ. Виды обжига. Механизм взаимодействия твердых фаз и их реакционная способность. Скорость обжига. Средства и способы интенсификации обжига.

Ионный обмен. Иониты. Ионообменные процессы. Материальный баланс. Характеристики материального баланса. Степень превращения. Избирательность (селективность) процесса. Выход продукта.

Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса. Расчет теплового эффекта реакции. Расчет энергии Гиббса химических реакций. Энергии химических связей. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.

Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл, уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Химический потенциал. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.

Тепловой баланс. Теплосодержание веществ и расчет теплоемкости.

Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс.

Константа равновесия. Расчет константы равновесия реакции идеальных газовых систем. Расчет константы равновесия в системе реальных газов.

Каталитический метод ускорения реакций. Катализ в технологии неорганических веществ. Состав и свойства промышленных катализаторов. Требования к промышленным катализаторам. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ на твёрдом катализаторе.

## **2.2. Подготовка сырья в химической технологии неорганических веществ**

Сырьевые источники. Классификация сырьевых материалов. Запасы минерального сырья. Решение сырьевых проблем. Комплексное использование сырья.

Подготовка минерального сырья. Обогащение твердого минерального сырья. Способы обогащения. Рассеивание. Гравитационное обогащение. Электромагнитное и электростатическое обогащение. Флотация. Экстракция. Термическое обогащение. Химическое обогащение.

Виды твердого топлива. Химическая переработка твердого топлива.

Очистка и разделение газовых смесей. Методы очистки и разделения. Метод конденсации. Сжижение воздуха. Ректификация жидкого воздуха. Принципиальное устройство ректификационной колонны. Состав атмосферного воздуха. Очистка воздуха. Разделение воздуха в двухколонном ректификационном аппарате.

Высокотемпературная переработка твердого топлива. Виды твердого топлива. Коксование. Полукоксование. Газификация. Гидрогенизация. Прямой и обратный коксовый газ. Переработка коксового газа. Получение аммиака из коксового газа.

## **2.3. Химическая технология неорганических веществ**

Получение азотоводородной смеси (АВС). Получение АВС из природного газа: сероочистка природного газа, конверсия метана, конверсия СО, очистка конвертированного газа от СО<sub>2</sub> (МЭА – чистка), метанирование, получение АВС из азота и водорода. Синтез аммиака при низком, среднем и высоком давлениях.

Производство разбавленной азотной кислоты окислением аммиака: окисление аммиака, доокисление нитрозных газов, абсорбция нитрозных газов, очистка хвостовых газов. Получение концентрированной азотной кислоты: концентрирование с помощью серной кислоты; концентрирование с помощью нитрата магния; прямой синтез концентрированной азотной кислоты.

Производство серной кислоты контактным методом. Основные стадии производства: получение SO<sub>2</sub>, очистка и осушка SO<sub>2</sub>-содержащего газа, контактное окисление SO<sub>2</sub> в SO<sub>3</sub>, абсорбция SO<sub>3</sub>, производство серной кислоты из серы, производство серной кислоты из сероводорода.

Производство минеральных удобрений. Классификация минеральных удобрений. Технология азотных удобрений: производство нитрата и сульфата аммония, производство карбамида. Основы технологии фосфорных

удобрений. Производство калийных и комплексных удобрений. Производство микроудобрений.

Производство фосфорной кислоты.

Технология содовых производств. Получение кальцинированной ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), пищевой ( $\text{NaHCO}_3$ ), каустической ( $\text{NaOH}$ ) соды.

Электрохимические производства. Производство хлороводорода и соляной кислоты.

Теоретические основы электролиза водного раствора хлорида натрия.

Промышленные электрохимические методы получения хлора. Основные стадии производства.

Перспективные направления развития производства комплексных удобрений.

## **2.4. Методы исследования неорганических веществ**

Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.

Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК- и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР-спектроскопия.

Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.

Термогравиметрия и масс-спектрометрия.

## **3. Перечень экзаменационных вопросов**

**для вступительного экзамена в аспирантуру по научной специальности**

### **2.6.7. Технология неорганических веществ**

1. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях.

2. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса.

3. Энергии химических связей. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.

4. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия. Уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния.

5. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах.

6. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции.

7. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.
8. Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры.
9. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры.
10. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе.
11. Обратимые реакции. Закон действующих масс.
12. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ.
13. Растворы. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах.
14. Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель рН, шкала рН.
15. Кислоты и основания. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури. Гидролиз. Современные взгляды на природу кислот и оснований.
16. Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов. Закон разбавления Оствальда.
17. Произведение растворимости. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов.
18. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.
19. Понятие о химико-технологическом процессе. Компоненты технологического процесса. Химический процесс. Технологические параметры. Технологическая схема.
20. Обогащение твердого минерального сырья. Способы обогащения. Рассеивание. Гравитационное обогащение.
21. Электромагнитное и электростатическое обогащение.
22. Производство разбавленной азотной кислоты окислением аммиака: окисление аммиака, доокисление нитрозных газов, абсорбция нитрозных газов, очистка хвостовых газов.
23. Охлаждение в химической технологии. Основы получения низких температур. Холодопроизводительность холодильной установки.
24. Производство серной кислоты контактным методом. Основные стадии получения.
25. Производство кальцинированной соды. Основные стадии получения.
26. Производство фосфорной кислоты. Основные стадии получения.
27. Кристаллизация из растворов. Методы промышленной кристаллизации. Кристаллизация из расплавов.
28. Классификация и основы технологии производства минеральных удобрений.

29. Гигроскопичность и слеживаемость неорганических веществ. Гранулирование.
30. Производство карбамида Основные стадии получения.
31. Экстрагирование. Флотация. Флотационные реагенты. Типы флотационных машин.
32. Основы технологии производства фосфорных удобрений. Производство калийных и комплексных удобрений. Производство микроудобрений.
33. Высокотемпературная обработка твердых веществ. Средства и способы интенсификации обжига.
34. Электрохимические производства. Производство хлороводорода и соляной кислоты.
35. Механические и физические методы обогащения сырья: гравитационный, термический, электростатический.
36. Химические и физико-химические методы обогащения сырья: выщелачивание, флотация, ректификация.
37. Ионный обмен. Иониты. Ионообменные процессы.
38. Получение азотоводородной смеси (АВС) из природного газа: сероочистка природного газа, конверсия метана, конверсия СО, очистка конвертированного газа от СО<sub>2</sub> (МЭА – очистка), метанирование. Синтез аммиака.
39. Способы интенсификации химико-технологических процессов.
40. Сырьевые источники. Классификация сырьевых материалов. Комплексное использование сырья.
41. Получение концентрированной азотной кислоты: концентрирование с помощью серной кислоты; концентрирование с помощью нитрата магния.
42. Очистка и разделение газовых смесей. Ректификация жидкого воздуха. Принципиальное устройство ректификационной колонны.
43. Виды твердого топлива. Химическая переработка твердого топлива.
44. Основы технологии синтеза аммиака при низком, среднем и высоком давлении.
45. Технология азотных удобрений: производство нитрата и сульфата аммония.
46. Технология содовых производств. Получение каустической соды.
47. Получение концентрированной азотной кислоты прямым синтезом.
48. Технология азотных удобрений: производство нитрата и сульфата аммония.
49. Производство серной кислоты из серы. Основные стадии получения.
50. Промышленные электрохимические методы получения хлора. Основные стадии производства.
51. Теоретические основы электролиза водного раствора хлорида натрия.
52. Производство питьевой соды. Основные стадии получения.

53. Получение водорода из обратного коксового газа.
54. Растворение вещества в воде. Пересыщенные растворы. Пересыщение в газовой фазе и образование тумана. Выщелачивание. Выпаривание водных растворов.
55. Производство серной кислоты из сероводорода. Основные стадии получения.
56. Катализ в технологии неорганических веществ. Требования к промышленным катализаторам. Гомогенный катализ. Гетерогенный катализ на твёрдом катализаторе.
57. Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.
58. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК- и комбинационного рассеяния.
59. Спектроскопия ЭПР, ЯМР-спектроскопия.
60. Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов.
61. Импеданс-спектроскопия.
62. Термогравиметрия и масс-спектрометрия

## 4. Литература

### 4.1. Основная литература

1. Ахметов, Т. Г. Химическая технология неорганических веществ: в 2 кн. Кн. 1. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 688 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/92998>.
2. Ахметов, Т. Г. Химическая технология неорганических веществ: в 2 кн. Кн. 2. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 536 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/89935>.
3. Ченская, В. В. Теоретические основы химической технологии / В. В. Ченская, Т. Г. Черкасова, Е.В. Цалко – Кемерово. : КузГТУ, 2016. – 148 с.
4. Романовский, Б. В. Основы катализа : учебное пособие для студентов вузов – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 172 с.
5. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 752 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50684>.
6. Спектральные методы анализа. Практическое руководство [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности ВПО "Фундаментальная и прикладная химия" / В. И. Васильева [и др.]; под ред. В. Ф. Селемеева, В. Н. Семенова. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 416 с. – Доступна электронная версия: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50168](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50168).

7. Спектральные методы анализа: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. – 56 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=485007](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=485007).

8. Криштафович, В. И. Физико-химические методы исследования: учебник [Электронный ресурс]. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 208 с. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=453028](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=453028).

#### 4.2. Дополнительная литература

1. Афолина, Л. И. Неорганическая химия : учебное пособие / Л. И. Афолина, А. И. Апарнев, А. А. Казакова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – 99, [4] с.табл. с. – Режим доступа: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=178543&type=nstu:common>.

2. Свойства, получение и применение минеральных удобрений : учеб. пособие для бакалавров / Б. А. Дмитриевский [и др.]. — Санкт-Петербург : Проспект Науки , 2013. — 326 с.

3. Неорганическая химия [Текст] : в 3 т Т. 1 Физико-химические основы неорганической химии : учебник для студентов вузов [и аспирантов], обучающихся по химическим специальностям / М. Е. Тамм, Ю. Д. Третьяков ; под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва : Academia, 2004. – 240 с.

4. Химическая технология неорганических веществ: в 2-х кн. Кн.2 : учеб. пособие для вузов по специальности «Хим. технология неорган. Веществ» / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Порфирьева, Л. Г. Гайсин и др.; Под ред. Т. Г. Ахметова. – М. : Высшая школа, 2002. – 533 с.

5. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика : / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Родугина . – Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 540 с.

6. Физические методы исследования неорганических веществ [Текст] : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности 020101 "Химия" направления подготовки 020100 "Химия" / Т. Г. Баличева [и др.]; под ред. А. Б. Никольского. – Москва : Академия, 2006. – 448 с.

7. Аналитическая химия [Текст] : в 3 т Т. 1 Методы идентификации и определения веществ : учебник для студентов вузов [и аспирантов], обучающихся по специальности "Химия" / А. А. Белоустин [и др.] ; под ред. Л. Н. Москвина. – Москва : Академия, 2008. – 576 с.

8. Накамото, К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений [Текст] / пер. с англ. Л. В. Христенко; под ред. Ю. А. Пентина. – Москва : Мир, 1991. – 535 с.