

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН

А.А. Шпедт

2025г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Технология неорганических веществ»

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по научной специальности

2.6.7 «Технология неорганических веществ»

Красноярск 2025

1 Общие положения

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Технология неорганических веществ» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Технология неорганических веществ» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2 Форма проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

3 Содержание программы

Раздел 1. Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома

1.1. *Основные представления о строении атома.* Распределение электронов по АО. Принцип Паули. Правило Хунда. Квантовые числа. Атомные орбитали (s-, p-, d- и f-АО). Распределение электронов по АО. Современная формулировка периодического закона. Структура периодической системы. Периоды и группы. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.

1.2. *Общая характеристика металлов и неметаллов.* Изменение металлических и неметаллических свойств элементов по периоду и подгруппе Периодической системы. Основные классы химических соединений металлов. Изменение кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов металлов в различной степени окисления в периодах и подгруппах Периодической системы.

Раздел 2. Химическая связь и строение молекул

2.1. Развитие представлений о природе химической связи и понятие валентности. Гибридизация орбиталей. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность.

2.2. Основные типы химической связи. Ковалентная связь. Полярная связь. Ионная связь. Водородная связь. Донорно-акцепторный способ образования связи. Ван-дер-ваальсовские взаимодействия. Поляризационные представления в неорганической химии.

2.3. Химические и физические свойства веществ с различными типами связей. Энергия кристаллической решетки.

Раздел 3. Теоретические основы технологии неорганических веществ

3.1. Химическая термодинамика. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Термодинамические свойства неорганических веществ – энергия Гиббса, энтропия и энтальпия образования. Стандартное состояние. Первое начало термодинамики. Тепловой эффект химической реакции. закон Гесса. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа. Второе начало термодинамики, его применение к химическим процессам. Химический потенциал. Термодинамические потенциалы как мера работоспособности системы. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций. Химический потенциал и фазовые равновесия в однокомпонентных и многокомпонентных системах. Термодинамически необратимые и обратимые процессы. Гомогенная реакция. Гетерогенная реакция. Химическое динамическое равновесие. Принцип Ле-Шателье. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Условие фазового равновесия. Диаграммы состояний. Константа равновесия гомогенных и гетерогенных реакций.

3.2. Кинетика химических реакций. Кинетика гомогенных и гетерогенных процессов. Скорость химической реакции, ее зависимости концентрации реагентов, давления и температуры. Порядок реакции. Константы скорости реакции. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Механизмы протекания реакций. Скорость лимитирующая стадия процесса. Внешнедиффузионная, внутридиффузионная и кинетическая области протекания процесса. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Влияние катализатора на скорость реакции.

3.3. Физико-химический анализ. Фазовые диаграммы многокомпонентных систем. Использование фазовых диаграмм для выбора и расчета рациональных способов переработки неорганических продуктов.

Раздел 4. Основные процессы в технологии неорганических веществ

4.1. Термохимические процессы. Высокотемпературные гетерогенные процессы разложения и синтеза, окислительно-восстановительные процессы. Плазмохимические процессы.

4.2. *Каталитические процессы.* Виды катализа, стадии протекания и пути интенсификации процессов катализа. Особенности процессов в неподвижном и взвешенном слоях катализатора.

4.3. *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.

4.4. *Процессы подготовки сырья.* Сырьевые ресурсы и основные направления их переработки. Способы подготовки сырья: дробление, флотация, обжиг, растворение, сепарация.

Раздел 5. Технология получения важнейших неорганических веществ

5.1. *Промышленные газы.* Свойства, применение и способы получения инертных газов, азота, кислорода, водорода, синтез-газа.

5.2. *Связанный азот.* Технология аммиака и азотной кислоты. Их свойства и применение.

5.3. *Серная и другие минеральные кислоты.* Свойства и применение серной, фосфорной, соляной и фтористоводородной кислот. Способы их производства из различного сырья.

5.4. *Минеральные удобрения.* Азот-, фосфор- и калийсодержащие удобрения, комплексные удобрения, микроудобрения. Свойства и применение. Способы получения.

5.5. *Сода и щелочные продукты.* Сода, поташ, гидроксиды натрия и калия. Свойства и применение. Способы получения.

5.6. *Продукты высокотемпературного синтеза.* Основные способы получения, свойства и применение карбида кальция, термического фосфора, термической фосфорной кислоты, продуктов плазмохимической технологии.

5.7. *Соли и неорганические реактивы.* Классификация, свойства и применение. Основные способы получения солей и реактивов минеральных и органических кислот.

5.8. *Особо чистые вещества.* Классификация, природа примесей. Методы анализа и глубокой очистки веществ. Требования к конструкционным материалам и чистоте технологической среды.

5.9. *Изотопы.* Свойства и применение. Основные способы получения: ректификация, изотопный обмен. Получение изотопов водорода, углерода, азота, кислорода и других легких элементов.

5.10. *Защита окружающей среды при производстве неорганических веществ.* Источники загрязнения: газообразные, жидкие и твердые отходы, тепловые выбросы, их свойства и характеристики. Способы уменьшения, обезвреживания и очистки отходов от примесей соединений серы, азота, углерода, галогенов, кислот и растворителей. Утилизация отходов. Характеристика жидких радиоактивных отходов. Подходы к обращению с радиоактивными отходами.

4 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован, приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетворительный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа. Фрагментарные, поверхностные знания материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.

0 – 19 баллов	Ответ неудовлетвори- тельный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определенно и последовательно излагать ответ.
---------------	------------------------------------	--

5 Список рекомендуемой литературы

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия [Текст] / 3-е изд. М.: Высш. шк., 2008.
2. Бесков В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии [Текст] / Бесков В.С., Сафронов В.С. М.: Химия, 1999. 472 с.
3. Брянкин К.В. Общая химическая технология [Текст] / Брянкин К.В., Н.П. Утробин, В.С. Орехов, Т.П. Дьячкова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – Ч. 2. – 172 с.
4. Вилков Л. В., Пентин Ю. А. Физические методы исследования в химии [Текст]/ М.: Изд- во МГУ. Ч. 1. 1987. Ч. 2. 1989.
5. Другов, Юрий Степанович. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство [Текст] / Ю. С. Другов, А. А. Родин. - 2-е изд. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 469 с.
6. Еремин В.В. Основы общей и физической химии [Текст] / Еремин В.В., Борщевский А.Я. Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 848с.
7. Ершов В.А. Электротермические процессы химической технологии [Текст] / под ред. В.А. Ершова. Л.: Химия, 1984. 464 с.
8. Золотов Ю.А. Гидрометаллургические процессы переработки нетрадиционного сырья редких и цветных металлов : монография [Текст] / Ю. А. Золотов [и др.]. - М. : Форум, 2010 (Калуга). - 180 с. : ил. - Библиогр. в конце глав. - На обл. авт. не указ. 300 экз. (Шифр К335/Г 46-559797)
9. Карапетьянц, Михаил Христофорович. Примеры и задачи по химической термодинамике [Текст] / М. Х. Карапетьянц. - Изд. 5-е. - Москва : URSS ; Москва : Либроком, 2012. - 301 с.
10. Киселев М. Г. Теоретические и экспериментальные методы химии растворов [Текст] / Киселев М. Г., С. Ю. Носков, Ю. П. Пуховский и др.; отв. ред. А. Ю. Цивадзе ; Рос. акад. наук, Ин-т химии растворов. - Москва : Проспект, 2011. - 683 с.

11. Малышева, Алла Георгиевна. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды [Текст] / А. Г. Малышева, Ю. А. Рахманин ; Санкт-Петербург : Професионал, 2012. – 716 с.
12. Мюллер У. Структурная неорганическая химия / У. Мюллер ; пер. с англ. А. М. Самойлова, Е. С. Рембезы ; под ред. А. М. Ховива. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 351 с.
13. Пригожин И. Химическая термодинамика [Текст] / И. Пригожин, Р. Дефэй ; пер. с англ. В. А. Михайлов. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 533 с. - Пер.изд.: Chemical Thermodynamics / Prigogine I., Defay R. - Библиогр.: с. 472-475
14. Тоуб М. Механизмы неорганических реакций [Текст] / М. Тоуб, Дж.Берджесс. -М.: БИНОМ, 2012. -678с
15. Уманский С. Я. Теория элементарных химических реакций [Текст] / С. Я. Уманский. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 407 с.
- 16.Donald, Ian W. Waste immobilization in glass and ceramic based hosts : radioactive, toxic a. hazardous wastes / I. W. Donald. - Chichester : Wiley, 2010. - 507 p.
- 17.Manahan, Stanley E. Environmental chemistry / S. E. Manahan. - 9th ed. - Boca Raton ; London ; New York : CRC/Taylor & Francis , 2010. - 753 p.
- 18.Murria M. J. Balart. Management of hazardous residues containing Cr(VI) / ed.: M. J. Balart Murria. - New York : Nova Science, 2011. - 378 p.
- 19.Бэк Р. Термостаты и охладители в технологических процессах : конструкция, выбор, применение [Текст] / Р. Бэк [и др.] ; ред. Пол Горбач ; пер. с нем. яз. 7-го изд. под ред. В. Г. Дувидзона. - СПб. : Профессия, 2012. - 351 с.
- 20.Вильдеман В. Э. Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях / Вильдеман В. Э., Третьяков М. П., Третьякова Т. В. и др.. - Москва : Физматлит, 2012. - 203 с.
- 21.Долматов, Валерий Юрьевич. Детонационные наноалмазы. Получение, свойства, применение [Текст] / В. Ю. Долматов – СПб. : Професионал, 2011. – 534 с.
- 22.Онуфриенок, Виктор Васильевич. Кристаллохимические превращения в минералах, индуцируемые катионными вакансиями : (на примере пирротина) [Текст] / В. В. Онуфриенок М.: Физматлит, 2012. - 198 с.
23. Ростовцев Р. Н. Термодинамический анализ неравновесных состояний металлических сплавов [Текст] / Р. Н. Ростовцев. - Тула : Гриф и Ко, 2012. – 103 с.
- 24.Собгайда, Наталья Анатольевна. Ресурсосберегающие технологии применения сорбентов для очистки сточных вод [Текст] / Н. А. Собгайда, Л. Н. Олышанская. - Саратов : Наука, 2010. - 148 с.

25. Шабанова, Надежда Антоновна. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем [Текст] / Н. А. Шабанова, П. Д. Саркисов. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 328 с.
26. Безносиков, Борис Валерьевич. Кристаллохимия структурных антиподов неорганических соединений. Возможности синтеза новых соединений [Текст] / Б. В. Безносиков ; отв. ред. С. Д. Кирик ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики им. Л.В. Киренского. - Красноярск : ИФ СО РАН, 2012. - 117 с.
27. Лесс, Вольф Райнер Практическое руководство для лаборатории. Специальные методы [Текст] / В. Р. Лесс, С. Экхардт [и др.] ред.: Г. И. Зенкевича, Н. А. Шурдуб, И. В. Болдырева. - перевод с немецкого языка 2-го издания. – СПб.: ЦОП "Профессия", 2011. - 472 с.
28. Нестеренко П. Н. Высокоэффективная комплексообразовательная хроматография ионов металлов [Текст] / П. Нестеренко, Ф. Джонс, Б. Полл ; пер. с англ. Е. П. Нестеренко под ред. П. Н. Нестеренко. – М.: Техносфера, 2013. - 311 с.
29. Пак, Вячеслав Николаевич. Пористые стекла и наноструктурированные материалы на их основе [Текст] / В. Н. Пак, Ю. Ю. Гавронская, Т. М. Буркат ; Рос. гос. пед. ун-т им. А. И. Герцена. - Санкт-Петербург : Издательство РГПУ, 2013. - 129 с.
30. Рогачев, Александр Сергеевич. Горение для синтеза материалов: введение в структурную макрокинетiku [Текст] / А. С. Рогачев, А. С. Мукасян. – М. : Физматлит, 2013. - 398 с.
31. Томашпольский, Юрий Яковлевич. Поверхностная автосегрегация в химических соединениях [Текст] / Ю. Я. Томашпольский. – М.: Научный мир, 2013. - 206 с.

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин