



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Утверждаю

Зав. кафедрой неорганической химии

Кузнецов А. М.

**Программа вступительного испытания по программе подготовки научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности
«1.4.1. Неорганическая химия»**

Казань, 2022

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

1. Вопросы вступительного испытания

1. Квантово-механическая модель атома. Квантовый характер поглощения и излучения энергии веществом. Уравнение Планка. Корпускулярно-волновой дуализм. Уравнение де-Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга.
2. Понятие о волновом уравнении Шредингера и волновой функции. Атомная орбиталь (АО). Квантовые числа. Физический смысл главного (n), орбитального (ℓ), магнитного (m_ℓ) и магнитного спинового (m_s) квантовых чисел.
3. Многоэлектронные атомы и их электронные структуры. Распределение электронов по орбиталям согласно принципу наименьшей энергии, запрету Паули и правилу Хунда. Правило Клечковского. Положение элемента в Периодической таблице и электронная структура его атома. s -, p -, d -, f -Элементы, их валентные орбитали.
4. Периодический закон Д. И. Менделеева. Периодические свойства атомов химических элементов: атомный радиус, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность. Шкала относительной электроотрицательности элементов.
5. Природа химической связи. Теория молекулярных орбиталей (МО). Основные положения теории. Диаграмма молекулярных орбиталей и электронная конфигурация двухатомных молекул s - и p -элементов. Порядок связи, энергия связи, длина связи (межъядерное расстояние). Пара- и диамагнитные молекулы.
6. Теория валентных связей. Основные положения теории. Механизм образования ковалентной связи. Насыщаемость, направленность, полярность ковалентной связи. Валентность как способность атома образовывать химическую связь. Валентные возможности атомов.
7. Пространственная конфигурация молекул. Модель гибридных орбиталей. Метод локализованных электронных пар или метод отталкивания валентных электронных пар. Полярные и неполярные молекулы. Дипольный момент молекулы.
8. Межмолекулярное электростатическое взаимодействие: ориентационное, индукционное, дисперсионное. Межмолекулярное донорно-акцепторное взаимодействие. Межмолекулярная водородная связь.

9. Газовое, жидкое, твердое состояние вещества. Кристаллическое состояние. Молекулярные, атомно-ковалентные, атомно-металлические, ионные кристаллы. Понятие зонной теории кристаллов.
10. Жидкие растворы. Концентрация растворов, способы ее выражения. Растворимость, зависимость ее от природы растворяемого вещества и растворителя, а также от внешних факторов (температуры, давления). Закон Генри.
11. Понятие об идеальных растворах. Химическая теория растворов (Д. И. Менделеев, И. А. Каблуков). Ионизирующая способность растворителя. Коллигативные свойства растворов, закон Рауля, эбулиоскопические и криоскопические константы, осмотическое давление.
12. Типы химических систем: изолированная, закрытая, открытая. Термодинамические параметры системы. Внутренняя энергия. Закон сохранения энергии. Энтальпия фазовых и химических превращений. Закон Гесса. Термохимические расчеты. Стандартное состояние вещества. Стандартная энтальпия образования вещества.
13. Понятие об энтропии как мере разупорядоченности системы. Энергия Гиббса. Стандартная энергия Гиббса образования вещества. Условие принципиальной возможности самопроизвольного осуществления химического процесса. Энтальпийный и энтропийный факторы и направление процесса. Влияние температуры на направление процесса.
14. Обратимые и необратимые химические процессы. Химическое равновесие в гомогенных системах. Константа равновесия и ее связь с изменением энергии Гиббса системы. Принцип Ле Шателье. Влияние температуры, давления, концентрации реагентов на химическое равновесие.
15. Константа ионизации слабых электролитов. Константа автопротолиза. Ионное произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели. Понятие об индикаторах. Равновесие в гетерогенных системах. Произведение растворимости.
16. Условия одностороннего протекания химических реакций. Гидролиз солей и ковалентных соединений. Степень гидролиза и ее зависимость от природы вещества, концентрации раствора, температуры. Константа гидролиза. Изменение рН раствора в результате гидролиза химических соединений.
17. Окислительно-восстановительные процессы. Понятие окислителя и восстановителя. Составление окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса. Метод электронно-ионных полуреакций. Типы ОВР.

18. Понятие о стандартном электродном потенциале. Использование стандартных окислительно-восстановительных потенциалов для выяснения принципиальной возможности окислительно-восстановительного процесса.

19. Химические источники тока. Гальванические элементы. Литий-ионные аккумуляторы. ЭДС гальванических элементов. Их использование. Электролиз, химическая и электрохимическая коррозия как окислительно-восстановительные процессы. Защита металлов и их сплавов от коррозии.

20. Водород. Общая характеристика элемента. Простое вещество. Строение молекулы. Физические и химические свойства водорода. Применение водорода, его получение в лаборатории и промышленности. Соединения водорода(-I). Гидриды, их свойства, получение и применение.

21. *p*-Элементы VII группы. Общая характеристика элементов (электронная конфигурация атомов; характер изменения радиуса, энергии ионизации, электроотрицательности, степеней окисления атомов в группе; типы соединений и нахождение элементов в природе). Простые вещества, их строение. Физические, окислительные и восстановительные свойства галогенов. Диспропорционирование галогенов. Получение и применение галогенов.

22. Соединения галогенов(-I). Галогениды водорода, их строение, физические и химические свойства. Характер изменения кислотных и восстановительных свойств в ряду: HF – HCl – HBr – HI. Получение и применение галогеноводородных (плавиковой, соляной) кислот.

23. Соединения с положительной степенью окисления хлора. Хлорноватистая, хлористая, хлорноватая, хлорная кислоты. Их строение и свойства. Сопоставление устойчивости и окислительных свойств анионов: ClO⁻, ClO₂⁻, ClO₃⁻, ClO₄⁻. Хлорная известь, бертолетова соль. Их свойства, получение и применение. Общая характеристика оксоброматов и оксоиодатов.

24. *p*-Элементы VI группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, их строение. Аллотропия кислорода, серы. Их свойства и применение. Соединения кислорода(-II). Кислотно-основные свойства оксидов, получение и применение.

25. Вода, строение молекулы. Свойства жидкой воды. Вода – ионизирующий растворитель. Кристаллогидраты. Пероксиды. Пероксид водорода, строение молекулы, свойства, получение, применение. Пероксиокислоты.

26. Сульфиды, персульфиды. Кислотно-основные свойства сульфидов, их классификация. Многосернистые соединения. Соединения серы (IV, VI). Их строение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства,

получение, применение. Сульфидосульфаты (VI), полисульфаты, полисерные кислоты, галогенсульфовые кислоты, их свойства.

27. *p*-Элементы V группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, их строение. Аллотропия фосфора. Физические и химические свойства азота, фосфора, их применение.

28. Соединения с отрицательной степенью окисления азота и фосфора. Нитриды, фосфиды. Аммиак, фосфин, их строение, восстановительная и электронно-донорная способность. Соли аммония, фосфония. Гидразин, гидроксилламин. Их строение, свойства.

29. Соединения с положительной степенью окисления азота и фосфора. Бинарные соединения, кислоты, соли. Строение и свойства этих соединений. Проблема «связывания азота» и способы ее решения.

30. *p*-Элементы IV группы. Общая характеристика элементов Простые вещества, их строение. Аллотропия углерода. Алмаз, графит, карбин, фуллерен. Свойства, применение. Соединения углерода в отрицательной степени окисления. Углеводороды, причина их многообразия. Бинарные соединения, кислоты, соли углерода (II, IV), кремния (IV). Строение, свойства и применение этих соединений.

31. Гидриды германия, олова, свинца. Общая характеристика соединений германия (II, IV), олова (II, IV), свинца (II, IV). Бинарные соединения. Свинцовый сурик, его применение. Гидроксиды. Оловянные кислоты и их свойства. Соли свинца (II). Окислительно-восстановительные свойства соединений германия, олова, свинца.

32. *p*-Элементы III группы. Общая характеристика элементов. Физические и химические свойства бора и алюминия. Получение бора и алюминия, их применение. Соединения бора (III) и алюминия (III), их строение, кислотно-основные свойства, получение. Модификации нитрида бора. Борные кислоты. Ортоборная кислота. Бораты. Бора. Борные стекла. Применение соединений бора и алюминия.

33. *s*-Элементы I группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, свойства, получение, применение. Соединения лития, натрия, калия. Оксиды, пероксиды, надпероксиды, гидроксиды, соли. Применение соединений. Способы обнаружения ионов Li^+ , Na^+ , K^+ .

34. Общие свойства *d*-элементов. Положение *d*-элементов в Периодической системе и строение электронных оболочек их атомов. Характер изменения в подгруппах радиуса, энергии ионизации атомов, степеней окисления,

координационных чисел атомов. Характер изменения этих параметров элементов в периодах.

35. Комплексные (координационные) соединения. Классификация комплексов: катионные, нейтральные, анионные; одно- и многоядерные. Типы и природа лигандов. Номенклатура комплексных соединений. Получение комплексных соединений. Константа образования комплексов.

36. Описание химической связи в комплексных соединениях. Теория валентных связей. Донорно-акцепторное взаимодействие комплексообразователя и лигандов. Строение комплексов.

37. Теория кристаллического поля. Энергия расщепления уровней *d*-орбиталей комплексообразователя. Спектрохимический ряд лигандов. Лиганды слабого и сильного поля. Низко- и высокоспиновые, пара- и диамагнитные комплексы. Окраска комплексов.

38. Теория молекулярных орбиталей. Связывающие, несвязывающие, разрыхляющие МО. Энергетическая диаграмма орбиталей октаэдрических комплексов. Электронная конфигурация и свойства комплексов.

39. *d*-Элементы VI группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, их строение. Свойства, получение и применение хрома, молибдена, вольфрама. Карбонилы *d*-элементов. Их состав, строение, получение, применение.

40. Соединения хрома (II, III). Их строение, получение, свойства. Кристаллогидраты. Квасцы. Галогениды, оксиды, оксогалогениды хрома (VI), молибдена (VI), вольфрама (VI). Хроматы (VI), полихроматы (VI), их взаимные переходы.

41. Хромовая кислота. Пероксокомплексы хрома (VI). Окислительные свойства хроматов (VI). Сравнение кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств соединений хрома (II), (III), (VI). Применение соединений хрома.

42. *d*-Элементы VII группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества. Свойства, получение, применение. Соединения марганца (II), их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства.

43. Оксиды марганца (IV) и (VI), манганаты (IV) и (VI). Соединения марганца (VII), технеция (VII), рения (VII). Их свойства. Изменение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений марганца с повышением степени окисления. Применение соединений марганца, рения.

44. *d*-Элементы VIII группы Общая характеристика элементов. Железо. Аллотропия железа. Свойства, получение и применение железа. Коррозия железа, способы борьбы с ней.
45. Галогениды, оксиды, гидроксиды железа (II), (III). Сравнение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений железа (II) и железа (III). Цианидные комплексы железа. Желтая и красная кровяная соль. Реакции обнаружения ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} . Ферраты (VI), получение, окислительные свойства.
46. Кобальт. Свойства кобальта, его получение. Сплавы кобальта. Изомерия комплексов кобальта (III), их окраска. Применение кобальта и его соединений. Никель. Свойства и получение никеля. Соединения никеля (II).
47. Платиновые металлы. Их степени окисления. Свойства простых веществ. Соединения платины (II). Катионные, нейтральные и анионные комплексы. Принцип трансвлияния (И. И. Черняев). Примеры соединений платиновых металлов и их применение.
48. *d*-Элементы I группы Общая характеристика элементов Простые вещества, строение, свойства, получение, применение. Влияние комплексообразования на химическую активность простых веществ. Сплавы меди, серебра, золота. Соединения меди, серебра, золота. Их свойства, получение и применение и т.д.
49. Лантаноиды. Общая характеристика элементов (электронная конфигурация атомов; характер изменения радиуса, энергии ионизации, степени окисления, координационного числа в семействе лантаноидов. Распространенность и формы существования лантаноидов в природе. Простые вещества, свойства, получение. Общая характеристика соединений лантаноидов. Современное использование лантаноидов в высоких технологиях.
50. Actinoids. Общая характеристика элементов. Распространенность и формы существования актиноидов в природе. Синтез элементов. Простые вещества, получение, свойства, применение. Общая характеристика соединений актиноидов.

2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

2.1. Литература

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. – СПб.: Лань, 2014. – 752 с.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия / Н.С. Ахметов. – СПб.: Лань, 2014. – 752 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/50684>

3. Ахметов, Н. С. Лабораторные и семинарские занятия по общей и неорганической химии / Н. С. Ахметов, М. К. Азизова, Л. И. Бадыгина. – СПб.: Лань, 2014. – 368 с.
4. Неорганическая химия: в 3 т. Под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: АКАДЕМА, 2004, 2007.
5. Семенов И. Н. Химия / И. Н. Семенов, И. А. Перфилова. – СПб.: Химиздат, 2014. – 656 с. Режим доступа: «Книгофонд»: www.knigafund.ru/books/172343.
6. Мифтахова, Н. Ш. Общая и неорганическая химия. Теория и практика / Н. Ш. Мифтахова, Т. П. Петрова. – Казань: Изд. КНИТУ, 2019. – 335 с.
7. Гиллеспи, Р. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул / Р. Гиллеспи, И. Харгиттаи; пер. с англ. – М.: Мир, 1992. – 296 с.
8. Дикерсон, Р. Основные законы химии: в 2 т. Т. 1–2. / Р. Дикерсон, Г. Грей, Дж. Хейт; пер. с англ. – М.: Мир, 1991.
9. Карапетьянц М. Х. Общая и неорганическая химия / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин. – М.: Химия, 2000. – 588с.
10. Кукушкин, Ю. Н. Химия координационных соединений / Ю. Н. Кукушкин. – М.: Высш. шк., 2001. – 455 с.
11. Никольский, А. Б. Химия: учебник для вузов / А. Б. Никольский, А. В. Суворов. – СПб.: Химиздат, 2001. – 512 с.
12. Общая химия. Теория и задачи: учебное пособие / Н. В. Коровин, Н. В. Кулешов, О. Н. Гончарук и др. – СПб.: Лань, 2014. – 491 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/51723>.
13. Химия и периодическая таблица / под ред. К. Сайто; пер. с япон. – М.: Мир, 1982. – 319 с.
14. Хьюи, Дж. Неорганическая химия / Дж. Хьюи; пер с англ. – М.: Химия, 1987. – 696 с.
15. Фримантл, М. Химия в действии: в 2 т. Т. 1–2. / М. Фримантл; пер с англ. – М.: Мир, 1991.
16. Шапник, М.С. Избранные главы теоретической химии. / М. С. Шапник. – Казань. Изд-во КГТУ, 2004. – 229 с.

2.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Аспирантам обеспечен свободный выход в интернет, благодаря чему они могут получить дополнительную информацию по конкретным разделам дисциплины «Общая и неорганическая химия»

3. Критерии оценки

Оценка знаний проводится в форме устного/письменного ответа на вопросы экзаменационной комиссии. Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобальной системе.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – «60».

Билет вступительного испытания включает два вопроса. Каждый из вопросов билета оценивается баллами от 0 до 50 в соответствии с таблице

| Критерии | Баллы |
|---|-------|
| Ответ полный, логичный, конкретный, продемонстрированы полные знания | 50-41 |
| Ответ полный, с незначительными замечаниями и ошибками | 40-31 |
| Ответ неполный, существенные замечания, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях | 30-21 |
| Неполный ответ, наличие ошибок и пробелов в знаниях | 20-11 |
| Ответ на поставленный вопрос не дан или несодержателен | 10-0 |