

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина»  
(ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина»)

УТВЕРЖДЕНА  
решением ученого совета  
Института естественных наук  
от 17 января 2024г. протокол №6

Программа вступительного испытания  
для поступающих на обучение по программам подготовки  
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине  
**Неорганическая химия**

по научной специальности  
**1.4.1. Неорганическая химия**

## Пояснительная записка

**Целью вступительного испытания** является проверка уровня профессиональной компетентности и готовности будущих аспирантов к обучению в аспирантуре, владения теоретической базой.

**Задачи вступительного испытания** состоят в определении:

- готовности поступающего продемонстрировать наличие общепрофессиональных умений;
- способности генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач;
- способности проектировать и осуществлять комплексные исследования на основе целостного системного научного мировоззрения;
- способности планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития;
- уровня сформированности профессиональных компетенций, соответствующих основным видам профессиональной деятельности.

Поступающий в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании магистра или специалиста.

### Форма проведения испытания

Испытание проводится в письменной форме и предусматривает подготовку поступающим реферата по заданной теме и собеседование по тематике реферата.

Вступительное испытание проводится очно и (или) с использованием дистанционных технологий.

### Содержание программы

#### Раздел I. Физико-химические основы неорганической химии.

##### I. Введение.

Предмет неорганической химии, ее место среди других естественнонаучных дисциплин. Формы существования материи. Масса и энергия. Законы сохранения массы и энергии. Уровни организации вещества.

##### II. Атомно-молекулярное учение.

Основные понятия химии. Атом. Молекула. Химический элемент. Простое и сложное вещество. Понятие об эквиваленте.

Стехиометрические законы, их современная формулировка. Применимость стехиометрических законов к веществам с молекулярной и немолекулярной структурой.

Нестехиометрические соединения (оксиды, сульфиды, нитриды металлов, интерметаллические соединения). Закон Авогадро.

Газовые системы, Газовые законы. Идеальный газ. Газовая постоянная. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Парциальное давление газа в смеси. Относительная плотность газов.

Жидкие системы. Растворы. Концентрация растворов и способы ее выражения. Состояние вещества в растворе.

Твердые системы. Кристаллы. Аморфные тела и стекла. Понятие о кристаллической решетке. Твердые растворы. Нестехиометрические соединения.

### **III. Строение атома.**

Развитие представлений о строении атома. Изотопы. Изобары. Изотоны. Основные свойства атомных ядер (масса, заряд, спин и др.). Условия устойчивости атомных ядер. Радиоактивные элементы. Виды радиоактивности. Основной закон радиоактивных превращений. Период полураспада. Правило сдвига. Радиоактивное равновесие. Радиоактивные ряды. Типы ядерных реакций.

Спектр атома водорода. Современные представления о строении атома. Двойственная природа электрона. Уравнение Де-Бройля. Принцип неопределенности. Волновое уравнение. Волновая функция. Понятие об электронной орбитали, электронном облаке. Угловое и радиальное распределение волновой функции электронной плотности атома водорода. Квантовые числа как характеристика состояния электрона в атоме. Принцип Паули и емкость электронных оболочек. Правило Хунда. Правило Клечковского. Порядок заполнения квантовых состояний в многоэлектронных атомах. Строение электронных оболочек атомов элементов. Понятие об эффективном заряде ядра атома. Экранирование заряда ядра электронами.

### **IV. Периодический закон Д.И. Менделеева.**

#### **Периодическая система. Периодичность свойств элементов.**

Периодический закон. Периодическая система. Взаимосвязь между электронным строением атомов элементов и их положением в Периодической системе. Главные и побочные подгруппы. Периоды. Границы Периодической системы. Различные формы таблиц Периодической системы. Периодические и непериодические свойства элементов.

Эффективные радиусы атомов и ионов (ковалентные, ионные, металлические, ван-дер-ваальсовы радиусы). Орбитальные радиусы. Изменение эффективных и орбитальных радиусов элементов в периодах и группах. Эффекты d- и f-сжатия.

Потенциал ионизации. Сродство к электрону. Изменение  $E_{\text{ион}}$  и  $E_{\text{сродст}}$  в группах и периодах. Понятие об электроотрицательности элементов. Различная трактовка электроотрицательности. Шкала Полинга. Изменение электроотрицательности элементов в группах и периодах.

Периодичность свойств простых веществ, химических соединений. Изменение в группах и периодах форм химических соединений, кислотно-основных свойств оксидов и гидроксидов, химической активности металлов и неметаллов. Внутренняя и вторичная периодичность.

## V. Химическая связь.

Основные параметры химической связи. (Энергия связи, длина связи, угол связи). Основные типы химической связи (ковалентная, ионная, металлическая, водородная. Межмолекулярные взаимодействия. Дипольный момент как мера полярности связи. Дипольный момент многоатомной молекулы. Факторы, определяющие величину дипольного момента молекулы.

Основные положения теории валентных связей (ВС). Обменный и донорно-акцепторный механизм образования связи. Понятие валентности в современной химии. Понятие валентности с позиций ВС. Постоянная и переменная валентность. Валентность и степень окисления атомов, элементов в их соединениях. Координационное число химически связанного атома как характеристика, дополняющая валентность. Понятие о валентной и координационной насыщенности. Структурные формулы как отражение положений ВС. Одиночные и кратные связи.  $\sigma$ -,  $\pi$ -,  $\delta$ -связи. Концепция гибридизации атомных орбиталей и пространственное строение молекул и ионов. Распределение электронной плотности гибридных орбиталей. Типы гибридизации:  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ ,  $sp^3d$ ,  $sp^3d^2$ . Гибридизация с участием неподеленных электронных пар. Пространственная конфигурация молекул и ионов типа  $AХ$ ,  $AХ_2$ ,  $AХ_3$ ,  $AХ_4$ ,  $AХ_5$ ,  $AХ_6$ . Влияние отталкивания электронных пар на пространственную конфигурацию молекул. Локализованные и делокализованные связи. Трех- и многоцентровые связи. Делокализация  $\pi$ - электронной плотности в молекулах графита, бензола, ионах кислородсодержащих неорганических кислот. Пространственная конфигурация молекул и ионов кислородсодержащих неорганических кислот.

Теория молекулярных орбиталей (МО). Основные положения теории молекулярных орбиталей. Энергетические диаграммы МО двухатомных молекул 2 периода. Связывающие и разрыхляющие орбитали  $\sigma$ - и  $\pi$ - типов. Относительная устойчивость двухатомных молекул и соответствующих молекулярных ионов. Принцип изоэлектронности. Сравнение теорий ВС и МО.

Химическая связь в конденсированном состоянии. Различия физических свойств веществ с ионной, полярной, ковалентной и ван-дер-ваальсовой связью в кристаллах. Поляризуемость атомов и ионов. Зависимость поляризуемости и поляризующего действия катионов и анионов от размеров иона, заряда его и строения электронной оболочки.

Водородная связь. Природа водородной связи, ее количественные характеристики. Меж- и внутримолекулярная водородная связь. Водородная связь между молекулами фтороводорода, воды, аммиака.

Силы Ван-дер-Ваальса. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия. Факторы, определяющие энергию межмолекулярного взаимодействия. Особенности физических свойств молекулярных кристаллов

в сравнении с ионными и атомными кристаллами. Соединения включения. Клатраты.

Основные понятия о строении твердого тела. Понятие об элементарной ячейке, кристаллической решетке в реальных кристаллах. Основные типы атомных дефектов в кристалле. Ионный, атомный, молекулярный тип кристаллической структуры.

Понятие о зонной теории. Зона проводимости, валентная зона, запрещенная зона. Зонная структура диэлектриков, полупроводников, металлов. Температурная зависимость проводимости полупроводников и металлов.

## **VI. Основы химической термодинамики.**

Основные понятия химической термодинамики: система, параметры состояния, работа, энергия, теплота.

Химическая система (открытая, закрытая, изолированная). Фаза. Гомогенная и гетерогенная система. Компонент. Внутренняя энергия системы и ее изменение в ходе химических превращений. Понятие об энтальпии. I закон термодинамики. Соотношение энтальпии и внутренней энергии. Изменение энтальпии в ходе химического превращения. Стандартные энтальпии образования и сгорания веществ. Закон Гесса. Влияние температуры на величину изменения энтальпии реакции. Теплоемкость, Уравнение Кирхгофа. Изменение энтальпии и направление протекания реакции. II закон термодинамики. Понятие об энтропии. Стандартная энтропия. Изменение энтропии системы при фазовых и химических превращениях. Изменение энтропии и направление химической реакции.

Понятие о свободной энергии Гиббса и энергии Гельмгольца. Соотношение изменения энергии Гиббса и изменений энтропии и энтальпии системы. Стандартная энергия Гиббса образования вещества. Изменение энергии Гиббса и направление протекания реакции. Роль энтальпийного и энтропийного фактора, температуры в оценке возможности и полноты протекания реакции. Понятие о химическом потенциале. Химическое равновесие. Связь энергии Гиббса и константы равновесия. Сдвиг химического равновесия. Принцип Ле-Шателье. Физико-химический анализ.

## **VII. Основы химической кинетики.**

Скорость химической реакции. Факторы, определяющие скорость химической реакции. Закон действия масс. Константа скорости реакции. Порядок и молекулярность реакций. Многостадийные реакции. Несоответствие уравнения скорости (кинетических уравнений) многостадийных реакций стехиометрическим уравнениям. Влияние температуры на скорость реакций. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Факторы, определяющие энергию активации. Энергия активации и скорость реакции. Переходное состояние или активированный комплекс. Влияние катализатора на скорость химической реакции. Гомогенные и гетерогенные каталитические реакции. Промежуточные стадии в

гомогенных и гетерогенных каталитических реакциях. Каталитические яды. Ингибиторы.

Цепные химические реакции. Природа активных частиц. Основные стадии протекания цепных реакций. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции на примере образования хлороводорода.

Термодинамическая устойчивость веществ и их реакционная способность. Влияние кинетических факторов на реакционную способность веществ. Электро-, фото-, радиационно-, плазмохимические реакции и возможность получения термодинамически неустойчивых веществ.

### **VIII. Растворы и реакции в водных растворах.**

Дисперсные системы. Истинные растворы. Твердые растворы. Суспензии, эмульсии. Коллоидные растворы.

Растворение как физико-химический процесс. Изменение энтальпии и энтропии при растворении веществ. Сольватация. Сольваты. Особые свойства воды как растворителя. Гидраты. Кристаллогидраты. Растворимость веществ. Влияние температуры, давления и природы веществ на их взаимную растворимость. Способы выражения концентрации раствора: массовая доля, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, мольная доля. Понятие об идеальном растворе. Коллигативные свойства растворов. Законы Рауля, Генри, Вант-Гоффа для разбавленных растворов неэлектролитов. Криоскопия и эбулиоскопия.

Электролитическая диссоциация. Влияние природы вещества на его способность к электролитической диссоциации. Механизм диссоциации. Гидратация ионов в растворе. Основания и кислоты с точки зрения теории электролитической диссоциации. Амфотерность. Диссоциация средних, кислых и основных солей.

Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации электролитов. Факторы, влияющие на степень диссоциации. Основные представления теории сильных электролитов. Истинная и кажущаяся степень диссоциации. Ионная сила раствора. Равновесие в растворах слабых электролитов. Константа диссоциации. Закон разбавления и связь константы диссоциации со степенью диссоциации.

Диссоциация воды. Константа диссоциации и зависимость ее от температуры. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Понятие о буферных растворах. рН-метрия.

Труднорастворимые электролиты. Равновесие между осадком и насыщенным раствором. Произведение растворимости. Влияние одноименных ионов на растворимость веществ. Перевод труднорастворимых осадков в растворимое состояние. Влияние ионной силы на растворимость труднорастворимых соединений. Влияние рН растворов на образование труднорастворимого вещества.

Гидролиз солей. Гидролиз солей по катиону и аниону. Механизм гидролиза. Молекулярные и ионные уравнения гидролиза солей. Четыре типа солей

в зависимости от гидролизуемости составляющих их ионов. Влияние природы, заряда и радиуса ионов на их гидролизуемость. Константа гидролиза. Влияние концентрации раствора, температуры, рН среды на степень гидролиза. Гидролиз кислых солей. Гидролиз труднорастворимых солей. Полимеризация и поликонденсация продуктов гидролиза многозарядных ионов. Условия подавления гидролиза.

Комплексообразование и диссоциация комплексных ионов в растворе. Константа нестойкости. Факторы, определяющие устойчивость комплексных ионов в растворе. Роль комплексных соединений в природе, медицине, технологии, экологии.

### **IX. Окислительно-восстановительные процессы.**

Окислительно-восстановительные реакции. Типы окислительно-восстановительных реакций. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Подбор коэффициентов: метод электронного баланса, ионно-электронный метод. Электродный потенциал. Стандартный электродный потенциал. Гальванический элемент. Водородный электрод. Зависимость электродного потенциала от концентрации, температуры, рН. Уравнение Нернста. Направление окислительно-восстановительных процессов. Взаимосвязь между разностью электродных потенциалов и энергией Гиббса. Электрохимический ряд напряжений. Окислительно-восстановительные процессы с участием электрического тока. Схемы процессов на электродах при электролизе расплавов и водных растворов. Законы электролиза.

Экологические аспекты промышленного использования окислителей и восстановителей в народном хозяйстве.

### **X. Комплексные (координационные) соединения.**

Координационная теория Вернера как первая удачная попытка теоретического объяснения строения комплексных соединений (КС). Основные положения координационной теории: центральный атом и лиганды, внешняя и внутренняя сфера, координационное число, ядро комплекса, его заряд, главная и побочная валентности. Дентатность лигандов. Успешное предсказание А.Вернером числа изомеров октаэдрических комплексов кобальта (III).

Природа химической связи в КС. Сочетание электростатического и ковалентного взаимодействия центрального атома (или иона) с лигандами. Понятие о кислотах и основаниях Льюиса.

Вернеровская и современная номенклатура КС.

Строение КС с позиций МВС. Низкоспиновые и высокоспиновые комплексы. Гибридизация орбиталей центрального атома при образовании октаэдрических, тетраэдрических и квадратных комплексов.

Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-орбиталей центрального атома в кристаллическом поле октаэдрического, тетраэдрического и квадратного комплекса. Спин-спаренные и спин-свободные комплексы. Энергия расщепления и энергия спаривания. Измене-

ние энергии стабилизации кристаллическим полем в ряду переходных элементов для октаэдрических и тетраэдрических комплексов, образованных лигандами сильного и слабого поля. Связь величин расщепления с окраской КС. Использование ТКП для объяснения магнитных свойств КС.

Спектрохимических ряд лигандов. Использование ТКП для описания строения нормальных и обращенных шпинелей. Понятие об эффекте Яна-Теллера.

Представление о теории поля лигандов. Энергетические диаграммы для гексааминкобальта (II) и гексафторокобальта(II).  $\sigma$ - и  $\pi$ -донорно-акцепторные связи. Величина расщепления в теории поля лигандов. Несвязывающие орбитали. Возможность  $\pi$ -дативного взаимодействия d-электронов центрального атома со свободными (разрыхляющими) орбиталями лиганда.

Сравнение возможностей метода валентных связей, теории кристаллического поля и теории поля лигандов в описании строения КС.

КС с неорганическими и органическими полидентатными лигандами. КС элементов-металлов с аминокислотами на примере этилендиаминтетраацетата (комплексоната) кальция. Хелаты. Правило циклов Чугаева.

Кластеры (на примере низших галогенидов молибдена) и многоядерные комплексы (на примере карбониллов переходных элементов).  $\pi$ -комплексы (на примере ферроцена). Соединения включения (клатраты). Супрамолекулярные соединения.

Константа устойчивости – важнейшая характеристика КС. Зависимость константы устойчивости от величины заряда и радиуса центрального иона, его электронной конфигурации (на примере гексааминкобальта (II) и гексааминкобальта (III), а также гексацианоферрата (II) и гексацианоферрата (III)). Представление о кинетически лабильных и инертных комплексах. Геометрическая и оптическая изомерия инертных комплексов. Эффект трансвлияния Черняева.

Роль КС в природе (ферменты, хлорофилл, гемоглобин, комплексные соединения микроэлементов в питании растений, лекарства и яды). Использование КС в технологии, сельском хозяйстве и медицине (разделение и очистка смесей неорганических соединений, борьба с хлорозом растений, противоопухолевое действие комплексов платины и других элементов). Летучие КС и их роль в неорганическом синтезе (тонкие пленки, гетероструктуры).

## **XI. Методы исследования неорганических соединений.**

Неорганический синтез и химический анализ: препаративные методы изучения состава, строения и свойств веществ.

Принципы физико-химических методов исследования растворов неорганических соединений – оптическая и рентгеновская спектроскопия, криоскопия, эбулиоскопия, рН-метрия, потенциометрия, ЯМР-спектроскопия (узких линий), калориметрия. Кинетические методы исследования.

Понятие о физико-химических методах исследования твердого вещества – рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ, нейтронография, магнетохимия, термодимические методы, термический анализ, спектроскопия –УФ,

ИК, оптическая ЯМР широких линий, ЯГР-спектроскопия, определение давления пара. Метод радиоактивных индикаторов.

Приемы физико-химического анализа (диаграммы состояний, их простейшие формы).

Компьютеризация исследований. Понятие о методах математического моделирования и планирования эксперимента.

## **ХII. Основные понятия геохимии.**

Радиальное строение земного шара. Химический состав отдельных геосфер. Распространенность химических элементов в различных геосферах (кларк). Геохимия как наука (В.И.Вернадский).

Связь распространенности и распределения химических элементов в земном шаре со строением атомных ядер и электронных оболочек атомов. Редкие и рассеянные элементы. Основной закон геохимии (В.Гольдшмидт). Правила Менделеева, Оддо, Гаркинса.

## **Раздел II. Свойства химических элементов Периодической системы Д.И.Менделеева.**

### **Введение**

Химические свойства конкретного элемента или группы элементов предлагается обсуждать по единому плану.

1. Положение в Периодической системе, распространенность и формы нахождения в природе. Специфика элемента и его соединений.

2. Электронная оболочка атома, потенциалы ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность, характерные степени окисления.

3. Простые вещества: формы существования и физические свойства, характер и энергия связи, фазовые превращения, реакционная способность.

4. Взаимодействие с элементами, рассмотренными ранее: условия протекания реакций, их термодинамические и кинетические характеристики. Продукты. Электронное строение и пространственная структура получаемых соединений, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, реакционная способность.

5. Взаимодействие простых веществ и соединений с водой и их состояние в водных растворах. Характерные кислотно-основные и окислительно-восстановительные превращения в растворах.

6. Комплексные соединения.

## **ХIII. Водород**

Водород в природе. Изотопы водорода. Валентные возможности атома и характерные степени окисления. Молекула  $H_2$ . Получение водорода. Физические и химические свойства простого вещества. Растворение водорода в ме-

таллах. Атомарный водород, его получение и реакционная способность. Ковалентные соединения водорода. Ионы  $H^+$  и  $H^-$ , их взаимодействие с водой. Водородная связь, причины ее образования, способ описания.

#### **XIV. Кислород**

Положение в периодической системе. Кислород в природе. Изотопы кислорода. Валентные возможности атома и характерные степени окисления. Молекула  $O_2$ . Парамагнетизм кислорода. Получение кислорода. Физические и химические свойства простого вещества. Аллотропия кислорода, озон. Озон в атмосфере.

Взаимодействие кислорода с водородом. Механизм реакции водорода с кислородом. Соединения кислорода с водородом, гидроксил, вода, пероксид водорода. Термическое и фотохимическое разложение воды. Получение и свойства пероксида водорода.  $H_2O_2$  окислитель и как восстановитель. Применение пероксида водорода.

Состояния кислорода в его соединениях. Оксиды и их классификация. Пероксиды и пероксидная группировка. Ионы  $O^{2-}$ ,  $O_2^{2-}$ ,  $O^{2-}$ ,  $O^{3-}$ . Супероксиды, озониды, их взаимодействие с водой.

#### **XV. Элементы VII группы. Галогены**

Общая характеристика группы. Строение электронных оболочек атомов, потенциалы ионизации, сродство к электрону. Валентные возможности атомов и характерные степени окисления. Простые вещества, характеристики молекул  $Hal_2$ .

Соединения с водородом. Энергетические характеристики, характер связи и электронное строение молекул  $HHal$ . Методы получения и физические свойства галогеноводородов. Кислотные и окислительно-восстановительные свойства, реакционная способность. Галогенидные ионы и их состояние в водных растворах. Галогениды металлов.

Оксиды и оксокислоты. Общая характеристика оксидов: строение молекул, характер и энергия связи. Термодинамические характеристики образования. Получение и химические свойства оксидов. Устойчивость оксидов. Особенности соединений фтора и йода с кислородом. Реакции оксидов с водой. Оксокислоты галогенов; строение молекул, химические свойства, методы получения. Термодинамическая неустойчивость большинства оксокислот. Особенности хлорной и йодной кислот.

Соединения галогенов друг с другом. Интергалогениды. Формы существования и строение молекул. Трехцентровые электронно-избыточные связи в молекулах интергалогенидов. Химические свойства и методы получения. Взаимодействие с водой.

Окислительно-восстановительные реакции галогенов и их соединений в водных растворах. Взаимодействие простых веществ с водой, кислыми и щелочными растворами. Окислительно-восстановительные свойства соединений.

## **XVI. Элементы VI группы. Халькогены**

Общая характеристика группы. Строение электронных оболочек атомов, потенциалы ионизации, сродство к электрону. Валентные возможности атомов и характерные степени окисления. Простые вещества, цепочечные структуры, характеристики молекул X.

Соединения с водородом. Энергетические характеристики, характер связи и строение молекул  $H_2X$ . Сульфаны. Методы получения и основные химические свойства халькогеноводородов. Халькогенидные ионы и их состояние в водных растворах. Халькогениды металлов.

Оксиды и оксокислоты. Общая характеристика оксидов: строение молекул, характер связи, энергетика. Получение и химические свойства оксидов  $XO_2$  и  $XO_3$ . Кислоты  $H_2XO_3$  и  $K_2XO_4$ : строение молекул, химические свойства, методы получения. Особенности селеновой и теллуровой кислот. Оксокислоты серы: причины их многообразия, классификация, строение и химические свойства.

Галогениды. Формы существования и строение молекул. Методы получения и химические свойства. Уникальная инертность  $SF_6$ . Взаимодействие галогенидов с водой. Оксогалогениды.

Окислительно-восстановительные реакции халькогенов и их соединений в водных растворах. Взаимодействие простых веществ с водой, кислыми и щелочными растворами. Окислительно-восстановительные свойства соединений.

## **XVII. Элементы V группы**

Общая характеристика группы. Строение электронных оболочек атомов, потенциалы ионизации, сродство к электрону. Простые вещества, аллотропия. Особенности азота.

Соединения с водородом. Характер связи, энергетические характеристики и строение молекул  $XH_3$ . Методы получения и основные свойства соединений  $XH_3$ . Соли аммония и фосфония. Аммиакаты. Амиды, имиды, нитриды. Фосфиды. Соединения  $X_2N_4$ , их строение и свойства. Гидроксиламин. Азотистоводородная кислота и азиды.

Оксиды и оксокислоты. Общая характеристика оксидов. Оксиды азота. Формы существования, строение и энергетика молекул. Методы получения оксидов азота. Оксокислоты азота — азотноватистая, азотистая и азотная кислоты, их строение, свойства и методы получения, нитриты и нитраты. Термическое разложение нитратов. Оксиды фосфора и других элементов группы:  $X_4O_6$  и  $X_4O_{10}$ , их получение, строение и свойства. Особенности взаимодействия  $P_4O_6$  и  $P_4O_{10}$  с водой. Оксокислоты фосфора и его аналогов. Строение и свойства кислот фосфора.

Галогениды, Общая характеристика, формы и строение молекул. Галогениды азота. Три- и пентагалогениды фосфора и его аналогов. Методы получения и химические свойства. Взаимодействие с водой. Взаимодействие галогенидов с оксидами. Оксогалогениды.

Сульфиды. Формы и строение молекул. Получение и химические свойства. Тиокислоты.

Комплексные соединения. Галогенокомплексы.

Элементоорганические соединения.

Окислительно-восстановительные реакции в растворах. Взаимодействие простых веществ с водой, кислотами и щелочными растворами. Восстановление нитратного иона в различных средах. Окислительные и восстановительные свойства соединений фосфора и его аналогов.

### **XVIII. Элементы IV группы**

Общая характеристика группы. Особенности строения электронных оболочек атомов, потенциалы ионизации, сродство к электрону. Простые вещества, аллотропия.

Неорганическая химия углерода. Алмаз, графит, карбины, фуллерены. Соединения графита. Метан и углеводороды. Карбиды металлов. Оксиды углерода, энергетика, строение молекул и свойства. Оксокислоты углерода. Карбонаты. Галогениды и оксогалогениды углерода. Сероуглерод и другие соединения с серой. Соединения с азотом:

циан, дициан, синильная кислота. Циановая и изоциановая кислоты. Тиоциановая кислота. Органические соединения.

Соединения элементов подгруппы кремния с водородом. Характер связи, энергетика и строение молекул  $\text{XH}_4$ . Методы получения и химические свойства. Силициды. Кремнийорганические соединения.

Оксиды и гидроксопроизводные. Общая характеристика оксидов  $\text{XO}$  и  $\text{XO}_2$ . Кварц и его модификации. Изменение свойств оксидов  $\text{XO}$  и  $\text{XO}_2$  в ряду  $\text{Si} - \text{Pb}$ . Кремниевые кислоты и силикаты. Оксо- и гидроксоионы аналогов кремния. Соли олова и свинца, их растворимость и гидролиз.

Галогениды. Общая характеристика, форма и строение молекул. Ди- и тетрагалогениды, их устойчивость, методы получения и химические свойства. Взаимодействие с водой. Оксогалогениды.

Халькогениды. Формы и строение. Получение и химические свойства. Тиокислоты германия и олова.

Соединения с азотом и фосфором.

Комплексные соединения. Гексафторкремниевая кислота. Молекулярные комплексы (аддукты) тетрафторида кремния. Галогенокомплексы кремния и его аналогов.Metalлоорганические соединения германия, олова и свинца, их строение и свойства.

Окислительно-восстановительные реакции в растворах. Взаимодействие простых веществ с водой. Окислительно-восстановительные свойства соединений.

Транспортные реакции.

## **XIX. Элементы III группы**

Общая характеристика группы. Строение электронных оболочек атомов, потенциалы ионизации, сродство к электрону. Простые вещества.

Соединения с водородом. Боран и диборан. Формы и строение молекул. Трехцентровые электронно-дефицитные связи в молекулах боранов. Гидриды алюминия и его аналогов. Взаимодействие с водой. Боронаты и аланаты, их строение и свойства.

Оксиды и гидроксопроизводные. Общая характеристика оксидов. Формы существования и свойства. Корунд, его окрашенные формы. Стеклование  $B_2O_3$ . Кислоты бора. Мета-, тетра-, ортобораты. Гидратные формы оксидов алюминия и его аналогов. Амфотерность гидроксоформ. Алюминаты. Оксиды и гидроксиды таллия. Устойчивость TI (I).

Галогениды. Общая характеристика, формы существования и строение молекул. Димеризации тригалогенидов. Моногалогениды. Методы получения галагенидов, характерные свойства. Гидролиз галогенидов.

Халькогениды. Формы существования и строение. Гидролиз халькогенидов.

Соединения  $A^{III}B^V$ . Полупроводниковые свойства. Особенности строения. Химические свойства.

Комплексные соединения. Гидридные и галогенокомплексы. Гидроксокомплексы. Аддукты.

Металлоорганические соединения, их строение и свойства.

Окислительно-восстановительные реакции в растворах. Взаимодействие простых веществ с водой.

## **XX. s-Элементы I и II групп**

Общая характеристика s-элементов. Щелочные и щелочноземельные металлы. Строение электронных оболочек атомов, потенциалы ионизации, сродство к электрону. Простые вещества, восстановительные свойства. Взаимодействие с водой.

Водородные соединения элементов I и II групп. Ионные гидриды. Роль щелочных и щелочноземельных металлов в стабилизации иона  $H^+$ . Взаимодействие ионных гидридов с водой.

Оксиды щелочных металлов, формы, устойчивость, химические свойства оксидов. Пероксиды, супероксиды, озониды щелочных металлов. Оксиды и пероксиды щелочноземельных металлов. Получение кислорода через пероксид бария.

Гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов. Щелочи. Особенности гидроксида бериллия. Диагональное сходство Be и Al.

Соли щелочных металлов, их растворимость. Гидратация ионов щелочных металлов. Понятие об отрицательной гидратации.

Причины отсутствия однозарядных ионов элементов II группы в водном растворе. Соли щелочноземельных металлов, их растворимость и гидролиз.

### **XXI. Химия благородных газов**

Особенности строения электронных оболочек атомов, их валентные возможности.

Фториды ксенона, пути их получения и химические свойства. Природа химических связей в соединениях благородных газов. Гипервалентные связи.

Взаимодействие фторидов ксенона с водой и щелочами. Оксофториды, оксиды и оксокислоты ксенона.

Химические соединения других благородных газов.

## **Раздел III. Химия переходных элементов**

### **XXII. Общая характеристика переходных элементов**

Особенности строения атомов d- и f-элементов. Орбитальные радиусы, энергии ионизации, сродство к электрону. Многообразие степеней окисления. Отличия от элементов главных подгрупп. Высокие степени окисления и молекулярные соединения. Низкие степени окисления и соединения переменного состава. Металлическое состояние простых веществ.

Сходство и различия элементов первого, второго и третьего переходных рядов. Лантаноидное сжатие. Повышенное сходство элементов — электронных аналогов второго и третьего рядов.

Содержание в природе. Получение металлов из руд. Металлургия черных и цветных металлов. Методы очистки металлов: зонная плавка, йодидное рафинирование.

### **XXIII. Скандий, титан, ванадий и их аналоги**

Общая характеристика элементов. Строение атомов, возможные степени окисления в соединениях.

Простые вещества: физические и химические свойства. Применение.

Важнейшие бинарные химические соединения: гидриды, оксиды, галогениды, халькогениды. Кластерные соединения.

Химия водных растворов. Устойчивые катионные и анионные формы. Аква- и оксокатионы, оксо- и гидроксоанионы.

### **XXIV. Подгруппа хрома**

Общая характеристика элементов. Строение атомов, возможные степени окисления в соединениях. Наиболее характерные степени окисления: Cr(III), Mo(VI), W(VI).

Простые вещества: физические и химические свойства. Причины тугоплавкости молибдена и вольфрама. Применение в специальных сплавах. Хромирование металлов.

Важнейшие бинарные химические соединения: оксиды, галогениды, халькогениды. Зависимость свойств от степени окисления. Термическое диспропорционирование низших галогенидов. Кластерные соединения.

Биядерные и полиядерные соединения. Хромовая кислота, хроматы и дихроматы. Изо- и гетерополикислоты молибдена и вольфрама и их производные.

Комплексные соединения. Аква- и гидроксокомплексы. Многообразие комплексов хрома (III).

### **XXV. Подгруппа марганца**

Общая характеристика элементов. Строение атомов. Многообразие степеней окисления. Ядерный синтез технеция.

Простые вещества: физические и химические свойства. Применение.

Важнейшие бинарные химические соединения: оксиды, галогениды, халькогениды. Кластерные соединения рения.

Химия водных растворов. Устойчивые катионные и анионные формы. Устойчивость катионов  $Mn^{2+}$  в водных растворах. Марганцевая кислота. Окислительные свойства перманганатного иона. Устойчивость производных рения (VII).

Комплексные соединения.

### **XXVI. Железо, кобальт, никель**

Общая характеристика элементов. Строение атомов, возможные степени окисления в соединениях. Понижение высших и характерных степеней окисления по сравнению с подгруппой марганца.

Простые вещества: физические и химические свойства. Роль железа и его сплавов в истории цивилизации. Современные применения металлов триады железа и сплавов на их основе.

Важнейшие бинарные химические соединения: оксиды, галогениды, халькогениды.

Химия водных растворов. Устойчивые катионные и анионные формы. Гидролиз солей железа. Щелочные аккумуляторы.

Комплексные соединения. Окислительно-восстановительные свойства комплексов Fe(II) и Fe(III), Co(II) и Co(III). Многообразие и устойчивость комплексов с электронной конфигурацией  $d^6$ . Плоскоквадратные и октаэдрические комплексы никеля.

### **XXVII. Платиновые металлы**

Общая характеристика элементов. Строение атомов, возможные степени окисления в соединениях. Процессы аффинажа.

Простые вещества. Причины высокой плотности и тугоплавкости. Химическая инертность. Перевод в раствор благородных металлов.

Важнейшие бинарные химические соединения: оксиды, галогениды, халькогениды. Тетраоксиды осмия и рутения.

Комплексные соединения. Разнообразие комплексных соединений платиновых металлов и его причины. Плоско-квадратные комплексы платины (II) и октаэдрические комплексы платины (IV).

### **XXVIII. Медь, серебро, золото**

Общая характеристика элементов. Строение атомов, возможные степени окисления в соединениях. Специфика однозарядных ионов с конфигурацией  $d^{10}$ .

Простые вещества: физические и химические свойства. Самородные металлы.

Важнейшие бинарные химические соединения: оксиды, галогениды, халькогениды.

Химия водных растворов. Окислительно-восстановительные свойства  $Cu(I)$  и  $Cu(II)$ ,  $Au(I)$  и  $Au(III)$ .

Комплексные соединения.

### **XXIX. Подгруппа цинка**

Общая характеристика элементов. Строение атомов, возможные степени окисления в соединениях. Особенности соединений ртути (I).

Простые вещества: физические и химические свойства. Уникальные свойства металлической ртути. Применение.

Важнейшие бинарные химические соединения: оксиды, галогениды, халькогениды.

Химия водных растворов. Устойчивые катионные и анионные формы. Амфотерность цинка. Аквакатионы и гидроксоанионы.

### **XXX. Лантаноиды**

Общая характеристика. Особенности строения атомов, причины сходства элементов, возможные состояния окисления. Содержание в природе. Разделение элементов. Физические и химические свойства простых веществ.

Химические свойства соединений лантаноидов. Оксиды и гидроксопроизводные. Галогениды и другие бинарные соединения. Химия водных растворов. Особенности церия и европия.

### **XXXI. Actиноиды**

Общая характеристика. Особенности строения атомов, сравнение с лантаноидами. Разнообразие состояний окисления. Содержание в природе. Радиоактивные семейства тория, урана и актиния. Ядерные реакции и синтез элементов. Трансамерициевые элементы. Важнейшие практические применения. Проблема разделения изотопов. Физические и химические свойства простых веществ.

Периодичность в изменении химических свойств, сходство с другими элементами, деление на подсемейства. Состояния соединений в водных растворах. Соединения урана, нептуния, плутония в высших степенях окисления. Комплексные соединения актиноидов.

Распределение микроколичеств радиоактивных изотопов в гетерогенных системах. Применение ионного обмена, экстракции и хроматографии к изучению состояния радиоактивных элементов в растворе. Применение радиоактивных изотопов в химических исследованиях. Химические процессы с участием "горячих" атомов. Радиолит воды.

### **Тематика рефератов**

(ориентировочные темы; итоговую тему формулирует заведующий кафедрой химии)

1. Особенности химии переходных элементов.
2. Зонная теория твердых тел.
3. Физические методы исследования в неорганической химии.
4. Взаимосвязь симметрии, структуры кристалла и его физических свойств.
5. Новые материалы и перспективные технологии.

Возможно предоставление реферата по результатам выполненной магистерской диссертации, тематика которой соответствует научной специальности «Неорганическая химия».

### **Требования к оформлению рефератов**

Реферат пишется по предложенной тематике. В качестве примеров в реферате указываются ситуации, документы и др. Анализ реферата осуществляется в соответствии с указанными критериями.

Реферат представляет собой краткое изложение в письменном виде содержания научных трудов, отражающих решение тех или иных профессионально и социально-значимых проблем. Реферат – самостоятельная научно-исследовательская работа, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы; приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Выполненная поступающим работа должна свидетельствовать о наличии глубо-

ких теоретических знаний по избранной теме; умении проблемно излагать теоретический материал; умении изучать и обобщать литературные источники, делать выводы. При работе необходимо придерживаться стандартных требований к структурным элементам реферата.

### *Структура реферата*

1. Титульный лист (Приложение 1).
2. Содержание.
3. Введение: здесь указывается проблема, которая рассматривается в реферате, обосновывается её важность и актуальность; формулируется цель реферата, то, что в самом общем виде должно стать результатом данной работы, и его задачи. Объём раздела составляет не менее одной страницы.
4. Основная часть, занимающая основной объём реферата; здесь последовательно раскрывается выбранная тема. Основная часть должна быть разделена на три структурных элемента (главы), имеющие свои содержательные названия. Первая глава носит общетеоретический характер; здесь даётся общее представление об объекте и предмете исследования, особенностях их распространения, функционирования и т.д. Вторая глава имеет аналитический характер, здесь приводятся результаты поиска информации по проблеме в научных источниках и их обсуждение. Третья глава посвящена описанию конкретных предложений автора по проведению дальнейшего изучения объекта, программа такого исследования и т.д. Структурные элементы основной части должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста (Глава 1..., 2... и т.д.). Обозначение раздела внутри каждой главы включают номер главы и порядковый номер раздела (1.1, 1.2, 1.3 и т.д.).
5. Заключение, где автор приводит собственные теоретические и практические выводы и предложения, основанные на проделанном в реферате анализе научных источников. Они должны быть краткими, чёткими, дающими полное представление о содержании работы; здесь же указываются проблемы, нерешённые в ходе работы над рефератом. Объём раздела не должен превышать трёх страниц.
6. Список цитируемой литературы, в котором приводятся библиографические описания только тех источников, к которым есть отсылка в тексте; при этом всё, на что автор ссылается в реферате, должно быть приведено в этом списке. Учебная и справочная литература при написании реферата должна использоваться в минимальном объёме и только для первой главы; популярная и научно-популярная недопустима. В качестве основных источников необходимо использовать журнальные статьи (и прежде всего, вышедшие за последние 3–5 лет). Число источников для реферата должно быть не менее 30 наименований.
7. Приложения, которые состоят из таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, схем (необязательная часть реферата). Приложения располагаются последовательно, согласно заголовкам, отражающим их содержание.

### ***Технические требования к оформлению реферата***

Объём реферата: 20–25 страниц. Размеры полей страницы: 20 мм со всех сторон. Абзацный отступ – 1,25 мм. Шрифт: Times New Roman, 14 кегль; межстрочный интервал: полуторный. Выравнивание: по ширине листа. Переносы автоматические. Ссылки в тексте на источники приводятся в квадратных скобках, например, [12, с. 46]. Рисунки, диаграммы, таблицы выносятся в приложения.

При оформлении заголовков необходимо учитывать требования:

– названия глав печатаются по центру прописными буквами, названия разделов – строчными буквами (кроме первой прописной). Переносы слов в заголовках не допускаются, и точка в конце не ставится;

– расстояние между заголовком и текстом, а также между формулами и текстом должно составлять два интервала;

– названия глав должны начинаться с нового листа, названия разделов – на том же листе, где заканчивается предыдущий параграф.

Номер ставится посередине либо справа верхнего, либо нижнего поля страницы. Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер на него не ставится.

Рисунки, схемы и графики имеют сквозную нумерацию. Каждый рисунок должен иметь заголовок. Они обозначаются сокращением «Рис.», после которого ставится арабскими цифрами номер и заголовок, поясняющий их содержание: Рис. 2. Название.

Таблицы также имеют сквозную нумерацию. Номер таблицы проставляется после слова «Таблица», помещённого над табличным полем, после следует заголовок таблицы: Таблица 1. Название. Если таблица расположена на двух и более страницах, то слова таблица, её номер и заголовок указываются только на первой странице, на всех последующих страницах перед таблицей в правом верхнем углу помещают выражение «Продолжение таблицы...», указывая только её номер.

В тексте обязательно должны быть ссылки на все рисунки и таблицы.

***При оценке реферата руководствуются следующими критериями:***

- соответствие содержания текста выбранной теме;
- наличие чёткой и логичной структуры;
- качество аналитической работы, сделанной при написании реферата;
- использование адекватных выбранной теме источников;
- самостоятельность текста (реферат имеет высокую оригинальность);
- обоснованность сделанных автором выводов, соответствие их цели;
- качество оформления, уровень общей и специальной грамотности.

Максимально возможный результат за письменную работу и собеседование составляет 100 баллов, минимальный балл – 50.

### ***Шкала оценивания реферата***

– *от 80 до 100 баллов* – содержание выбранной темы глубоко и полно раскрыто, изложение научных и методических основ по рассматриваемым вопросам чёткое и логичное; в работе есть описание и анализ отечественных (зарубежных) достижений по проблемам выбранной темы; во введении указана актуальность, цель и задачи реферата; разделы содержат выводы и обобщения; в тексте сделаны ссылки на источники; работа хорошо структурирована, грамотно оформлена;

– *от 61 до 79 баллов* – содержание выбранной темы раскрыто, изложение научных и методических основ по рассматриваемым вопросам логично; в работе есть описание отечественных (зарубежных) достижений по проблемам выбранной темы; во введении сделана попытка определения актуальности исследования, указана цель реферата; разделы содержат некоторые выводы и обобщения; в тексте сделаны ссылки на источники; работа хорошо структурирована, есть погрешности в оформлении;

– *от 50 до 60 баллов* – раскрытие выбранной темы поверхностное; владение понятийно-категориальным аппаратом по рассматриваемым проблемам недостаточное; логики в изложении материала в реферате отсутствует; выделены некоторые перспективы исследования, но без осознания будущего исследовательского продукта;

– *менее 50 баллов* – выбранная тема не раскрыта; логики в изложении материала в реферате отсутствует; работа не соответствует по всем заявленным позициям.

## Список рекомендуемых источников и литературы

### *Основная литература:*

1. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: М.: Высш. шк., 1997. 526 с.

### *Дополнительная литература:*

2. Угай Я.А. Неорганическая химия. М.: Высш. шк., 1989. 463 с.
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк., 1988. 639 с.
4. Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия: Учеб. для вузов. СПб.: Химия, 1997. 624 с.
5. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир, 1969. 4. 1 -6.
6. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991, 1994. Ч. 1, 2
7. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1985. 455 с.

8. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. М.: Высш.шк., 1997. 140с.
9. Гольбрайх З.Е., Маслов Т.И. Сборник задач и упражнений по химии. М.: Высш. шк., 1997. 384 с.

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина»  
(ФГБОУ ВО «СГУ им. Питирима Сорокина»)

**Название темы**

реферат для поступления  
в аспирантуру по научной специальности

**1.4.1. Неорганическая химия**

*ФИО ПОСТУПАЮЩЕГО НА ТИТУЛЬНОМ ЛИСТЕ НЕ УКАЗЫВАЕТСЯ!!!*