

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет**  
**им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**ПРОГРАММА**  
**вступительных испытаний в магистратуру**  
**Направление подготовки -04.04.01 Химические науки**  
**Специальность: 02.00.01 Неорганическая химия**

**Квалификация «МАГИСТР ХИМИИ»**

Очная форма обучения

Директор института химии и биологии

\_\_\_\_\_

/ А.М. Хараев/

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_

/Ж.А. Кочкаров/

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

/ Х.Б. Кушхов/

## Содержание программы

### 1. Фундаментальные основы неорганической химии

#### 1.1. Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома

Основные представления о строении атома. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовые числа, радиальное и угловое распределение электронной плотности. Атомные орбитали (*s*-, *p*-, *d*- и *f*-АО), их энергии и граничные поверхности. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда.

Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура периодической системы. Коротко- и длиннопериодный варианты периодической таблицы. Периоды и группы. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных

радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности. Границы периодической системы. Перспективы открытия новых элементов. Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений- оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.

#### 1.2. Химическая связь и строение молекул

Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи. Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщаемость и поляризуемость ковалентной связи. Влияние неподеленных электронных пар на строение молекул, модель Гиллеспи. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы.

**Ионная связь.** Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ионно-ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки.

**Межмолекулярное взаимодействие** – ориентационное, индукционное и дисперсионное.

**Водородная связь**, ее природа и значение.

**Металлическая связь.** Введение в зонную теорию. Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона. Металлы и диэлектрики. Границы применимости зонной теории.

#### 1.3. Комплексные (координационные) соединения

Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений. Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона, уравнение Драго-Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л.А. Чугаева. Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление *d*-орбиталей в октаэдрическом и

тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем.

Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

#### **1.4. Общие закономерности протекания химических реакций**

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. 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.

Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.

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. Влияние катализатора на скорость реакции.

Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.

#### **1.5. Растворы и электролиты**

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. Кислоты и основания.

Протолитическая теория Бренстеда—Лоури. Сопряженные кислоты и основания. 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. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля.

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. Диаграммы Латимера и Фроста. Электролиз.

Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов. Изотонический коэффициент. Законы Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

### **1.6. Основы и методы неорганического синтеза**

Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.

## **2. Химия элементов**

### **2.1. Химия s-элементов**

Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода.

Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства.

**Элементы группы IA.** Общая характеристика группы. Особенности химии лития. Способы получения, применение щелочных металлов и их соединений.

**Элементы группы IIA.** Общая характеристика группы. Получение и свойства. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, магния и щелочно-земельных металлов и их соединений.

### **2.2. Химия p-элементов**

Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.

**Элементы группы IIIA.** Общая характеристика группы. Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и свойств.

Оксид алюминия. Алюминаты и гидроксоалюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Tl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.

**Элементы группы IVA.** Общая характеристика группы. Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданостоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты.

Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.

**Элементы группы VA.** Общая характеристика группы. Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе. Особенности химии азота. Проблема связывания молекулярного азота. Особенности аллотропных модификаций фосфора. Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли аммония. Жидкий аммиак как растворитель. Гидразин, гидроксилламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз. Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO<sub>2</sub>. Азотная, азотистая кислоты и их соли:

получение, свойства и окислительно-восстановительная способность. Диаграмма Фроста для соединений азота.

Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Оксиды мышьяка, сурьмы и висмута, кислородсодержащие кислоты мышьяка

и сурьмы и их соли. Сравнение силы кислот в группе. Сульфиды и тиосоли.

Применение простых веществ и соединений элементов VA группы. Удобрения.

**Элементы группы VIA.** Общая характеристика группы. Особенности химии кислорода.

Строение молекулы кислорода, объяснение ее парамагнетизма. Озон и озониды.

Аллотропные модификации серы и их строение. Классификация оксидов. Простые и сложные оксиды, нестехиометрия оксидов. Гидроксиды

и кислоты. Пероксиды, супероксиды. Сероводород и сульфиды. Полисульфиды.

Сульфаны. Оксиды серы, кислоты и их соли.

Полиотионовые кислоты и полиотионаты. Кислородные соединения селена и теллура.

Сравнение силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот в группе. Галогениды серы, селена и теллура.

Применение простых веществ и соединений элементов VIA группы.

**Элементы группы VIIA.** Общая характеристика группы. Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.

Галогеноводороды. Получение, свойства. Закономерность изменения свойств

галогеноводородных кислот в группе. Классификация галогенидов. Межгалогенные соединения: строение и свойства. Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие

кислоты галогенов и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот галогенов, диаграмма Фроста для галогенов. Применение галогенов и их соединений.

**Элементы группы VIIIA.** Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Гидраты благородных газов. Фториды и кислородные соединения благородных газов. Применение благородных газов.

### 2.3. Химия *d*-элементов

Положение *d*-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность *d*-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств *d*-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа *d*-сжатия и ее следствия.

**Элементы группы IIIB.** Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды металлов IIIB группы – получение и свойства. Комплексные соединения. Сопоставление химии элементов IIIA и IIIB групп. Применение металлов и их соединений.

**Элементы группы IVB.** Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Сопоставление металлов IVA и IVB групп. Применение титана и циркония и их соединений.

**Элементы группы VB.** Общая характеристика группы. Оксиды и галогениды.

Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров.

Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Диаграмма Фроста для соединений ванадия. Сопоставление свойств соединений ванадия(V) и фосфора (V).

Применение ванадия, ниобия и тантала и их соединений.

**Элементы группы VIB.** Общая характеристика группы. Оксиды, галогениды и сульфиды. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей. Особенности комплексообразования. Кластеры. Бронзы. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома,

закономерности в стабильности различных степеней окисления. Сопоставление химии элементов VIA и VIB

групп. Применение хрома, молибдена и вольфрама и их соединений.

**Элементы группы VIIБ.** Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, диаграмма Фроста для соединений марганца. Стабильность соединений марганца в различных степенях окисления.

Особенности химии технеция и рения, Рениевая кислота и перренаты. Сопоставление химии элементов VIIA и VIIБ групп. Применение марганца и рения.

**Элементы группы VIIIБ.** Общая характеристика группы. Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.

Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды. Соединения железа, кобальта и никеля в высших степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с  $d^6$ -конфигурацией центрального атома. Коррозия железа и борьба с ней. Применение железа, кобальта и никеля.

Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений платиновых металлов. Оксиды и галогениды платиновых соединений. Применение платиновых металлов.

**Элементы группы IB.** Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Комплексные соединения. Сопоставление элементов IA и IB групп. Применение меди, серебра и золота.

**Элементы группы IIB.** Общая характеристика группы. Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами. Оксиды, гидроксиды, галогениды и сульфиды. Амальгамы. Особенности соединений ртути в степени окисления +1. Способность к комплексообразованию и основные типы комплексов цинка,

кадмия и ртути. Сопоставление элементов IIA и IIB групп. Применение цинка, кадмия и ртути.

#### **2.4. Химия f-элементов**

Общая характеристика f-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.

**Семейство лантаноидов.** Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов. Степени окисления элементов и закономерности их изменения в ряду.

Основные классы химических соединений – получение и свойства. Комплексные соединения

лантаноидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление d- и f-элементов III группы. Применение лантаноидов.

**Семейство актиноидов.** Обоснование актиноидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов. Особенности разделения актиноидов. Степени окисления актиноидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актиноидов – получение и свойства. Комплексные соединения актиноидов.

Особенности химии тория и урана. Сопоставление актиноидов с d-элементами 6-го периода. Применение актиноидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактиноидов.

#### **2.5. Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии**

**Дифракционные методы** исследования: рентгенофазовый и рентгено-структурный анализы, нейтронография, электронография.

**Спектральные методы** исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области.

**Колебательная спектроскопия** – ИК- и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР. EXAFS-спектроскопия.

**Оптическая и электронная микроскопия.** Локальный рентгено-спектральный анализ.

**Термогравиметрия и масс-спектрометрия.**

Исследование поверхности методами рентгено- и фотоэлектронной спектроскопии, ожеспектроскопии и т.п.

#### Основная литература

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. М.: ВШ, 2004. 343с.
2. Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. В 2-х Т. М.: «Академия», 2004. Т. 1- 240с, Т.2. - 368с.
3. Росин И.В., Томина Л.Д. Общая и неорганическая химия. Современный курс. Учеб. пособие для бакалавров и специалистов. М.: КНОРУС. -2012. 1338с.
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 2001.
5. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк., 2001.
6. Коржуков М.Н. Общая и неорганическая химия. -М.: ИНФРА.2004.512с.
7. Шрайвер Д., Эткине П. Неорганическая химия. В 2-х Т. 2004. Т.1.679с, Т.2.-486с.,

#### Дополнительная литература

1. Гиллеспи Р, Харгиттай И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул. М.: Мир, 2002.
2. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. М.: Мир, 1985.
3. Драго А. Физические методы в химии. Т. 1, 2. М.: Мир, 1981.
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Строение вещества. М.: Высш. шк., 1978.
5. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш.шк., 1990.
6. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: В.Ш., 2001.
7. Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т. 1, 2. М.: Химия, 1972—1973.
8. Полторак О.И., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд-во МГУ, 1984.
9. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. Т. 1, 2. М.: Изд-во МГУ, 1994.
10. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. Т. 1–3. М.: Мир, 1987.
11. Кочкаров Ж.А. Неорганическая химия в уравнениях реакций. Учебное пособие «Допущено УМО по классическому университетскому образованию» для студентов. Изд-во «КБГУ», Нальчик, 2011 г. 350с.

