

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
Факультет физико-математических и естественных наук**

**Утверждена**  
Ученым Советом  
Факультета физико-математических  
и естественных наук  
Протокол №0201-08/08  
от «15» марта 2022

Председатель  Л.Г. Воскресенский

**ПРОГРАММА  
вступительного испытания в аспирантуру  
по направлению подготовки**

**1.4. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**1.4.1 Неорганическая химия**

Программа составлена на основе требований Федеральных государственных образовательных стандартов по направлениям 04.04.01 «Химия» и 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия».

**Общие требования**

Цель вступительных испытаний состоит в том, чтобы определить:

- соответствие уровня и качества подготовки экзаменуемого требованиям Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования;
- оценку степени мотивации и готовности к обучению в аспирантуре по направлению 1.4 «Химические науки».

Задачи вступительных испытаний направлены на выявление:

- степени сформированности комплексной системы знаний о фундаментальных законах и закономерностях химии;
- уровня свободного владения понятийно-категориальным аппаратом, необходимым для самостоятельного восприятия, осмысления и усвоения химических принципов;
- качества ориентированности в различных областях химии, глубину понимания ее разделов, истории химии и ее научной методологии; умения связывать общие и частные вопросы химии;
- степени понимания абитуриентом необходимости научного поиска в определенной области химии; определить уровень готовности абитуриентов к научно-исследовательской работе.

От экзаменуемых требуется знание и свободное владение материалом, предусмотренным основной частью настоящей программы.

Специальная часть предусматривает знание основных и специальных курсов по избранной узкой специальности (профилю).

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

**Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома.** Современные 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. Периодический закон и структура Периодической системы Д.И. Менделеева, ее связь с электронной структурой атомов. Периодичность в изменении величин радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности атомов. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных классов химических соединений.

**Химическая связь и строение молекул.** Основные типы химической связи. Характеристики химической связи в молекулах: энергия, длина, валентный угол, порядок (кратность) и полярность. Представление о гибридизации атомных орбиталей. Геометрия многоатомных молекул. Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщаемость и поляризуемость ковалентной связи. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы двухатомных гомоядерных молекул, образованных элементами 1-го и 2-го периодов. Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Ионная связь. Основные типы кристаллических структур, энергия ионной решетки. Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь.

**Координационные соединения.** Основные понятия химии комплексных соединений: центральный атом и его координационное число; лиганды, дентатность, донорный атом, внутренняя и внешняя координационные сферы. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений. Понятие о классификации комплексных соединений. Равновесия в растворах координационных соединений. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Природа химической связи в комплексных соединениях.

**Растворы и электролиты.** Современные представления о природе растворов. Особенности жидких растворов. Концентрация растворов, способы ее выражения. Теория электролитической диссоциации.

Кислотно-основное равновесие. Растворы сильных электролитов. Протолитическое равновесие в водных растворах слабых кислот и оснований. Буферные растворы. Общие и равновесные концентрации и активность ионов в растворе. Вычисление рН водных растворов сильных кислот, сильных оснований и их смесей. Гетерогенные равновесия в системе осадок - насыщенный раствор малорастворимого электролита. Термодинамическое, концентрационное и условное произведение растворимости малорастворимого сильного электролита. Условие образования и растворения осадков малорастворимых сильных электролитов. Окислительно-восстановительные равновесия. Стандартные, реальные и формальные редокс-потенциалы. Направление и глубина протекания окислительно-восстановительной реакции. Уравнение Нернста. Термодинамические, концентрационные и условные константы химического равновесия. Вычисление констант равновесия различных типов реакций.

**Химия элементов.** Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления и свойства. Общая характеристика элементов 1-й и 2-й групп. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности

электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Общая характеристика элементов 13-18 групп. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств d-металлов.

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

**Химия координационные соединения.** Координационная теория А. Вернера, её развитие Л.А. Чугаевым. Основные характеристики комплексных соединений. Международная номенклатура. Основные типы комплексных соединений. Понятие о многоядерных комплексах и внутрикомплексных соединениях. Строение и изомерия комплексных соединений. Устойчивость комплексных соединений. Факторы, определяющие их устойчивость в кристаллическом состоянии и в растворах. Электролитическая диссоциация комплексных соединений. Константы образования. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства координационных соединений. Высокоспиновые и низкоспиновые комплексы. Магнитные свойства и окраска комплексных соединений. Спектрохимический ряд лигандов. Влияние координации на свойства лигандов и центрального атома. Взаимное влияние лигандов. Закономерность трансвлияния И.И. Черняева. Цисвлияние. Значение комплексных соединений и процессов комплексообразования. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Влияние на величину энергии расщепления природы центрального атома (заряда, радиуса, электронной конфигурации), природы, числа и расположения лигандов. Понятие о теории Яна-Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов. Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений.

**Химия элементов.** Особенности химии водорода. Изотопы водорода. Окислительно-восстановительные свойства. Атомарный водород. Применение водорода. Вода. Строение молекулы. Аномалия свойств воды. Кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства. Пероксид водорода. Строение молекулы. Методы получения, свойства и применение.

Особенности химии азота. Химическая связь в молекуле азота. Получение, свойства и применение азота. Аммиак, гидразин, гидроксилламин, азотистая кислота и ее соли: свойства и применение.

Особенности химии фосфора. Получение, свойства и применение фосфора. Оксиды и кислородсодержащие кислоты фосфора и их соли: получение, свойства, применение.

Особенности серы. Аллотропия серы. Применение серы. Оксиды, кислоты и соли серы (IV и VI): получение, свойства, применение.

Особенности химии хлора. Применение хлора. Оксиды, гидроксиды (кислоты) и соли хлора: получение, свойства, применение.

d-элементы. Элементы 6-й группы (Cr, Mo, W). Применение хрома. Оксиды, гидроксиды и соли хрома (II, III, VI). Оксохроматы и оксобихроматы. Применение соединений хрома. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства соединений хрома в ряду Cr(VI)—Cr(III)—Cr(II). Элементы 7-й группы (Mn, Tc, Re). Важнейшие соединения марганца – рения. Применение металлов и их соединений. Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства соединений марганца в ряду Mn(II)-Mn(IV)-Mn(VI)-Mn(VII). Элементы 8-10-й групп (Fe, Co, Ni). Кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства гидроксидов  $M(OH)_2$  и  $M(OH)_3$  в ряду Fe-Co-Ni. Оксиды, гидроксиды, карбонилы, гексацианоферраты (II и III). Применение

металлов и соединений. Элементы 11-й группы (Cu, Ag, Au). Особенности химии меди, серебра и золота. Важнейшие соединения. Применение. Получение, строение и диспропорционирование соединений Cu(I). Элементы 12-й группы (Zn, Cd, Hg). Особенности химии цинк(II), кадмия(II), ртути(II) и дитрути Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>. Амфотерность цинка и гидроксида цинка. Применение цинка – ртути и их соединений. Получение, строение и диспропорционирование соединений Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>.

Элементы 18-й группы. Положение в Периодической системе и особенности электронной структуры их атомов. Характеристики атомов. Нахождение в природе. Выделение. Свойства физические и химические. Применение. Соединения благородных газов.

Общая характеристика лантаноидов. Распространение в природе. Физические и химические свойства. Применение.

Платина и палладий. Природные соединения. Физические и химические свойства. Соединения. Оксиды, гидроксиды и галогениды палладия(II) и (IV) и платины(II) и (IV). Гексахлороплатиновая (платинохлористоводородная) кислота. Сопоставление свойств платиновых элементов и их соединений.

**Основы и методы неорганического синтеза.** Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. 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.

**Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии.** Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК и КР. Спектроскопия ЭПР, ЯМР. Термогравиметрия и масс-спектрометрия.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *Основная литература*

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. 3е изд. М.: Высш. шк. 1998.
2. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия. 2001.
3. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия. т. 1,2. М.: Изд. Моск. ун-та. 1991, 1994.
4. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 2001.
5. Драго А. Физические методы в химии. т. 1, 2. М.: Мир. 1981.
6. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ. М.: Колос, 2003, 480с.
7. Вест А. Химия твердого тела. Ч. 1, 2. М.: Мир, 1988.
8. Порай - Кошиц М.А. Основы структурного анализа химических соединений. М.: Высшая школа, 1989.
9. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. М: Агар, 1999.

### *Дополнительная литература*

1. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. М.: Мир. 1985.
2. Молодкин А.К. Химия элементов IA – VIIIA групп. М.: Изд-во РУДН, 2005, 175с.
3. Молодкин А.К., Есина Н.Я., Венсковский Н.У. Химия переходных элементов. М.: Изд-во РУДН, 2007, 368с.

4. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк. 1990.
5. Полторак О.И., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд. Моск. ун-та. 1984.
6. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов. В 2-х томах. М.: БИНОМ. лаборатория знаний. 2008 (лучший зарубежный учебник). Т.1.-607с., Т.2-670с.
7. Неорганическая химия: В 3-х т. Т. 1-3. Под ред. Ю.Д. Третьякова. Издательский центр "Академия", 2004.
8. Накамото К. ИК спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М., Мир, 1991.

## **ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

Вступительные испытания по специальной дисциплине при приеме на обучение по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на направление 1.4 «Химические науки» проводятся в форме теста, формируемого электронной системой сопровождения экзаменов (ЭССЭ) методом случайной выборки заданий из подготовленного банка тестовых заданий, с автоматической проверкой ЭССЭ правильности выполненных заданий (компьютерный тест).

Компьютерный тест состоит из 20 вопросов.

15 вопросов теста – задания из основной и специальной частей программы с выбором одного или нескольких правильных ответов из множества, вопросы на соответствия, вопросы с числовым ответом;

5 вопросов – задания повышенной сложности из основной и специальной частей программы с выбором нескольких правильных ответов из множества, вопросы на соответствия, вопросы с числовым ответом.

Для вопросов с выбором одного правильного ответа за правильный ответ начисляется 3 балла, за неправильный ноль. Вопросы с выбором нескольких правильных ответов, на соответствия и с числовым ответом оцениваются из 6 баллов, при оценивании вопросов с выбором нескольких правильных ответов из множества учитывается каждый правильный ответ в процентном соотношении. Задания повышенной сложности оцениваются из 8 баллов.

На выполнение всего теста отводится 60 минут.

Программа подготовлена на кафедре неорганической химии.

**Заведующий кафедрой  
неорганической химии**



В.Н. Хрусталеv