**Министерство науки и высшего образования РФ**

**ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»**

**Институт естественных наук**

|  |
| --- |
| **УТВЕРЖДАЮ** |
| Проректор по НРиПСР  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.М. Макаров |
| 06. 2019 г. |

**ПРОГРАММА**

**вступительного экзамена в аспирантуру**

**по направлению подготовки научно-педагогических кадров**

**04.06.01 «Химические науки»**

**(профиль направления: «Неорганическая химия»)**

Разработана и утверждена

кафедрой фундаментальной и прикладной химии

(протокол № 8 от «20» июня 2019 г.

Зав. кафедрой ФиПХ ИЕН /Л.В.Трубачева/

Утверждено на заседании Ученого совета

Института естественных наук \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Директор ИЕН \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/А.Ф. Кудрявцев/

Ижевск, 2019 г.

**Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направлению**

**Химические науки разработана на основе ФГОС по направлению подготовки 04.06.01 ХИМИЯ**

**Профиль (специальность) 02.00.01.Неорганическая химия**

Место и роль химии в современном естествознании. Предмет и задачи неорганической химии. Общая химия как фундамент химической науки в целом.

Химическая атомистика. Атомно-молекулярная теория. Химический элемент. Простое вещество. Химическое соединение. Аллотропия. Газовые законы. Современная химическая атомистика. Атом, молекул, кристалл. Молекулярная и немолекулярная форма кристаллов. Понятие о фазе–носителе свойств вещества в кристаллах немолекулярной структуры. Структурные формулы молекул и кристаллохимическое строение вещества. Стехиометрические законы и их современная трактовка. Соединения постоянного и переменного состава. Кристаллохимическое строение и свойства вещества. Понятие о дефектах кристаллической структуры. Область гомогенности фаз переменного состава. Дальтониды и бертоллиды.

Химическая термодинамика. Основы термохимии. Закон Лавуазье-Лапласа. Закон Гесса. Термодинамические системы: изолированные, закрытые, открытые. Изобарные и изохорные процессы. Термодинамическая и термохимическая системы знаков. Функции состояния. Внутренняя энергия и энтальпия. 1-ое начало термодинамики. Закон сохранения энергии. Критерий направленности химического процесса. 2-ое начало термодинамики. Статистическая интерпретация энтропии. Энтальпийный и энтропийный факторы. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гельмгольца. Стандартная свободная энергия. Мера устойчивости соединения. Свободная и связанная энергия.

Химическая кинетика .Скорость и механизм химической реакции. Закон действующих масс. Молекулярность реакции. Порядок реакции и механизм процесса. Лимитирующая стадия многостадийных реакций. Скорость реакции и температура. Распределение молекул по энергиям (Максвелл, Больцман). Энергия активации. Активный комплекс. Уравнение Аррениуса. Катализ. Катализаторы.

Химическое равновесие. Обратимые и необратимые процессы. Связь обратимости с равновесием. Критерии установления равновесия реакции. Связь константы равновесия и свободной энергии Гиббса. Факторы, влияющие на положение равновесия. Принцип Ле-Шателье. Гетерофазные равновесия. Давление насыщенного пара. Процессы испарения, сублимации, кипения, плавления. Фазовая диаграмма воды. Правило фаз Гиббса. Понятие о термодинамике неравновесных процессов.

Растворы. Определение растворов. Термодинамический и кинетический аспекты формирования растворов. Способы выражения концентрации растворов. Растворение как физико-химический процесс. Энергетика процесса растворения. Понятие об идеальном, разбавленном и реальном растворе. Условие равновесия фаз–равенство химических потенциалов каждого компонента в сосуществующих фазах. Растворы твердые, жидкие и газообразные. Твердые растворы. Типы твердых растворов. Твердые растворы замещения. Жидкие растворы. Природа жидкого состояния. Коллигативные свойства идеальных растворов. Давление пара. Закон Рауля. Криоскопия и эбуллиоскопия. Осмос. Осмотическое давление. Закон Вант–Гоффа.

Теория электролитической диссоциации. Степень и константа диссоциации. Закон разведения Оствальда. Основы теории сильных электролитов, образование ионных пар. Кажущаяся степень диссоциации. Современные теории кислот и оснований. Теория сольвосистем. Протонная и электронная теории. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Кислотно-основные индикаторы. Ионные взаимодействия в жидких растворах. Обменные реакции между ионами. Обратимые и необратимые процессы. Реакции нейтрализации и гидролиза. Степень и константа гидролиза. Произведение растворимости. Электролиз расплавов и водных растворов солей. Потенциал разложения. Явление перенапряжения. Закон Фарадея. Электрохимическая коррозия металлов. Окислительно-восстановительные реакции. Направленность процессов, связанных с передачей электронов. Электрохимический ряд напряжений. Равновесие на границе металл-раствор. Стандартные электродные потенциалы и свободная энергия Гиббса. ЭДС гальванического элемента. Уравнение Нернста. Методы уравнивания ОВР: электронного баланса, метод полуреакций.

Строение атома и Периодический закон Д.И. Менделеева. Развитие представлений о строении атома. Планетарная модель Резерфорда. Оптические спектры и строение атома. Теория Бора. Дискретность энергии электрона в атоме водорода. Волновая природа электрона. Волновая функция и волновое уравнение. Радиальная и угловая составляющие волновой функции. Энергия, размер и направленность электронных облаков. Квантовые числа. Многоэлектронные атомы и периодическая система Д.И. Менделеева. Принципы и правила заполнения электронами атомных орбиталей. Принцип минимальной энергии, принцип Паули, правило Хунда. Современная трактовка периодического закона. Закономерности изменения основных параметров атома (атомных радиусов, энергий ионизации и сродства к электро-ну) в периодах и группах. Значение Периодического закона. Протонно-нейтронная теория строения ядра. Изотопы и изобары. Устойчивость атомных ядер. Периодическая система атомных ядер.

Теория химической связи. Основные характеристики химической связи. Теории ионной и ковалентной связи (Коссель, Льюис). Ионная связь и ее свойства: ненаправленность и ненасыщаемость. Модель «чистой» ионной связи в твердом теле. Преимущественный вклад ионной связи и координационные числа атомов в ионных кристаллах. Ковалентная связь. Волновая природа ковалентной связи. Метод валентных связей. Направленность, насыщаемость и поляризуемость ковалентной связи. Координационные числа в ковалентных кристаллах. Способы перекрывания электронных облаков. Кратные связи. Метод валентных связей. Обменный и донорно-акцепторный механизмы образования ковалентной связи. Гибридные волновые функции. Типы гибридизации и геометрия молекул. Максимальная валентность (ковалентность) элементов. Полярность ковалентной связи и молекулы в целом. Дипольный момент. Недостатки метода валентных связей. Метод молекулярных орбиталей. Приближение МО ЛКАО. Энергетические диаграммы простейших гомоядерных молекул, образованных элементами 1 и 2-ого периодов. Порядок связи, магнитные и оптические свойства. Энергетические диаграммы простейших гетероядерных молекул(НГ, Н2О,NН3).Водородная связь. Природа ее образования. Межмолекулярная и внутримолекулярная водородная связь и ее влияние на свойства молекул. Силы Ван-дер-Ваальса. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействие. Металлическая связь и ее природа: многоцентровость, дефицит и обобществление электронов в кристалле. Свойства металлической связи: ненаправленность и ненасыщаемость. Размерный фактор и координационные числа в металлических кристаллах. Плотные и плотнейшие упаковки атомов в металлических кристаллах (ОЦК, ГЦК, ГПУ). Ковалентно-металлическая связь в переходных металлах.

Химия твердого состояния. Металлохимия. Особенности твердого состояния

вещества. Кристаллическое, аморфное и стеклообразное состояние. Понятие о зонной теории. Особенности полупроводникового состояния вещества. Собственная и примесная проводимость. Критерии и предсказание полупроводимости. Физико-химический анализ как один из основных методов исследования взаимодействия в твердом теле. Правило фаз и его вывод на основе равенства химических потенциалов каждого компонента в сосуществующих фазах. Принципы непрерывности и соответствия (корреляции) Н.С. Курнакова. Фазовые диаграммы двухкомпонентных систем. Простая эвтектика. Неограниченная растворимость в твердом состоянии. Ограниченная растворимость в твердом состоянии (эвтектические и перитектические твердые растворы).Образование химических соединений в двухкомпонентных системах. Природа химической связи и ширина области гомогенности. Современные представления о дальтонидах и бертоллидах. Диаграммы состав-свойство.

Комплексные соединения. Современные представления о химической связи в комплексных соединениях. Метод валентных связей, возможности метода. Теория кристаллического поля. Энергетическое расщепление d-орбиталей в октаэдрическом, квадратном и тетраэдрическом поле лигандов. Магнитные и оптические свойства комплексов с позиции теории кристаллического поля. Понятие о теории поля лигандов (метод молекулярных орбиталей). Спектрохимический ряд иπ-связывание лигандов.

Периодический закон как основа химической систематики. Этапы развития периодического закона. Принцип инвариантности положения элемента. Периоды и группы. Групповая и типовая аналогия. Типические элементы. Полные и неполные электронные аналоги. Вторичная и внутренняя периодичность и их проявление в изменениях орбитальных радиусов и потенциалов ионизации. Горизонтальная аналогия. Диагональная аналогия. Классификация химических элементов по типу и заселенности электронных орбиталей. Полудлинная и длинная формы периодической системы.

Простые вещества как гомоатомные соединения. Химическое и кристаллохимическое строение простых веществ. Металлы и неметаллы в периодической системе. Физические свойства простых веществ. Химические свойства простых веществ. Особо чистые вещества. Новые направления в современном материаловедении с использованием простых веществ.

Бинарные химические соединения. Классификация бинарных химических со-единений. Изоэлектронные ряды. Изменение характера связи и типа кристаллич-ской структуры в изоэлектронных рядах. Постоянство и переменность состава. Оксиды. Водородные соединения. Галогениды. Пниктогениды. Карбиды, силициды, бориды. Интерметаллические соединения.

Сложные химические соединения. Сложные химические соединения. Их классификация. Гидроксиды как характеристические соединения. Современная концепция формульного состава гидроксидов. Кислотно-основные свойства. Амфотерность гидроксидов. Окислительно-восстановительные свойства гидроксидов. Соли кислородосодержащих кислот. Комплексные соединения.

Водород и его важнейшие соединения. Уникальное положение водорода в периодической системе. Изотопы водорода. Атомарный и молекулярный водород. Физические и химические свойства водорода. Гидриды и водородные соединения элементов. Получение водорода. Комплексные соединения с участием водорода. Вода. Пероксид водорода.

Элементы I группы ПС. Особенности химии лития. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства. Характеристические соединения лития. Соединения лития с другими неметаллами. Соли лития. Металлохимия. Характеристика элементов IА-группы. Природные соединения и получение щелочных металлов, их физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с другими неметаллами. Соли кислородосодержащих кислот. Металлохимия. Характеристика элементов IВ-группы. Природные соединения и получение металлов. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с неметаллами. Соли кислородосодержащих кислот. Металлохимия.

Элементы II группы ПС. Особенности бериллия. Природные соединения и получение, физические и химические свойства бериллия. Характеристические соединения. Соединения с неметаллами. Соли кислород содержащих кислот и комплексные соединения. Металлохимия бериллия. Особенности химии магния. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Двойные соли. Шениты. Комплексы. Соединения с неметаллами. Металлохимия магния. Характеристика элементов подгруппы кальция. Характеристические соединения. Соли кислородосодержащих кислот и комплексы. Металлохимия. Характеристика элементов IIB-группы. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с неметаллами. Соли кислородосодержащих кислот и комплексные соединения.

Элементы III группы ПС. Особенности химии бора. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства бора. Характеристические соединения. Борные кислоты. Бура. Соединения с другими неметаллами. Соли кислородосодержащих кислот и комплексные соединения. Соединения низших степеней окисления. Металлохимия. Характеристика элементов подгруппы скандия и РЗЭ. Природные соединения и получение металлов. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соли кислородосодержащих кислот и комплексные соединения. Металлохимия.

Элементы IV группы ПС. Общая характеристика элементов IV группы. Особенности химии углерода. Углерод в природе. Физические и химические свойства углерода. Характеристические соединения. Оксиды углерода. Угольная и тиоугольная кислоты. Надугольные кислоты. Карбаминовая кислота. Мочевина. Соединения с другими неметаллами. Сероуглерод Циан. Циановодород и синильная кислота. Галогеноцианиды. Цианамид. Циановая кислота и ее изомерные формы. Родановодород. Родан. Особенности химии кремния. Природные соединения и получение кремния. Физические и химические свойства кремния. Характеристические соединения. Оксиды кремния. Кремниевые кислоты. Силаны. Галогениды кремния. Кремнефтористоводородная кислота. Соединения с другими неметаллами. Нитрид кремния. Простые и сложные силикаты. Алюмосиликаты. Стекло. Ситаллы. Металлохимия кремния. Характеристика элементов IVA-группы. Природные соединения и получение германия, олова и свинца. Физические и химические свойства. Характеристические соединения и соединения с неметаллами. Соли кислородсодержащих кислот Комплексные соединения. Общая характеристика элементов подгруппы титана. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с неметаллами. Соли кислородосодержащих кислот. Комплексные соединения. Металлохимия элементов подгруппы титана.

Элементы V группы ПС. Характеристика элементов V группы. Особенности химии азота. Азот в природе и его получение. Физические и химические свойства азота. Водородные соединения азота. Кислородные соединения азота. Соединения с другими неметаллами. Соединения с металлами. Особенности химии фосфора. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Оксиды фосфора. Фосфорсодержащие кислоты и их соли. Соединения фосфора с неметаллами. Соединения с металлами. Характеристика элементов VA-группы. Природные соединения и получение. Простые вещества, физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с другими неметаллами. Соли кислородосодержащих кислот. Комплексные соединения. Металлохимия. Характеристика элементов подгруппы ванадия. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с другими неметаллами. Ванадилы. Соли кислородосодержащих кислот и комплексные соединения. Металлохимия элементов VB-группы.

Элементы VI группы ПС. Общая характеристика элементов VI группы. Особая роль кислорода в химии. Кислород в природе и его получение. Озон. Физические и химические свойства кислорода. Оксиды металлов. Оксиды неметаллов. Пероксиды, супероксиды и озониды. Особенности химии серы. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства серы. Характеристические соединения. Оксиды. Кислоты, содержащие серу, и их соли. Соединения серы с другими неметаллами. Сульфиды и полисульфиды металлов. Полисульфаны. Характеристика элементов VIA-группы. Природные соединения и получение селена и теллура. Простые вещества, физические и химические свойства. Характеристические соединенияи соли селен- и теллурсодержащих кислот. Соединения с другими неметаллами. Комплексные соединения. Соединения с металлами. Характеристика элементов под-группы хрома. Природные соединения и получение металлов. Физические и химические свойства. Характеристические соединения: оксиды и гидроксиды. Соединения с другими неметаллами. Соли кислородсодержащих кислот и комплексные соединения. Кластеры молибдена и вольфрама. Металлохимия.

Элементы VII группы ПС Общая характеристика элементов VII группы. Особенности фтора. Эффект обратного экранирования. Природные соединения и получение фтора. Фторид водорода и фториды металлов. Соединения фтора с неметаллами. Особенности химии хлора. Природные соединения и получение хлора. Физические и химические свойства. Гидролитическое диспропорционирование. Характеристические соединения и соли хлорсодержащих кислот. Характеристика элементов подгруппы марганца. Природные соединения и получение металлов. Физические и химические свойства. Характеристические соединения с неметаллами. Соли кислородсодержащих кислот и комплексные соединения. Металлохимия.

Элементы VIII группы ПС. Характеристика элементов VIII группы. Элементы VIIIA группы. Особенности гелия и неона. Инертные и благородные газы в природе. Физические свойства благородных газов. Клатраты. Валентно-химические соединения благородных газов. Роль химии благородных газов в развитии периодической системы Д.И. Менделеева. Характеристика элементов триады железа. Природные соединения и получение железа, кобальта и никеля. Простые вещества. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Карбонилы элементов триады железа. Металлохимия. Черная металлургия. Чугуны и стали. Характеристика платиноидов. Природные соединения, получение и аффинаж платиновых металлов. Простые вещества. Физические и химические свойства. Характеристические соединения. Соединения с неметаллами. Соли кислородсодержащих кислот и комплексные соединения. Роль и значение платиноидов в становлении и развитии химии комплексных соединений. Металлохимия.

Радиоактивные элементы. Радиоактивность. Радиоактивные и синтезированные элементы. Общая характеристика. Радиоактивные аналоги стабильных эле-ментов ПС. Полоний. Астат. Радон. Франций. Радий. Прометий. Металлы семейства актиноидов. Положение актиноидов в периодической системе. Актиноидная концепция Сиборга. Актиний. Торий. Протактиний. Уран. Нептуний. Плутоний. Америций. Кюрий и кюриды. Трансактиноиды. Многоплановость проблемы конца ПС.

Примерные вопросы к экзамену:

1.Современная химическая атомистика. Атом, молекула, кристалл. Понятие о фазе–носителе свойств вещества немолекулярной структуры.

2.Правило фаз Гиббса. Фазовая диаграмма воды.

3.Твердые растворы. Типы твердых растворов. Условия образования неограниченных твердых растворов замещения. Процессы упорядочения в твердых растворах.

4.Метод молекулярных орбиталей. Приближение МО ЛКАО. Энергетические диаграммы простейших гомоядерных молекул, образованных элементами 1 и 2-ого периодов.

5.Современные представления о химической связи в комплексных соединениях. Теория кристаллического поля.

6.Классификация бинарных химических соединений. Изоэлектронные ряды. Изменение характера связи и типа кристаллической структуры в изоэлектронных рядах.

7.Характеристика элементов IА-группы. Природные соединения и получение щелочных металлов, их физические и химические свойства. Характеристические соединения.

8.Химия серы. Природные соединения и получение. Физические и химические свойства серы. Характеристические соединения. Оксиды. Кислоты, содержащие серу, и их соли. Соединения серы с другими неметаллами. Сульфиды и полисульфиды металлов. Полисульфаны.

9.Общая характеристика элементов VII группы. Особенности химии фтора. Эффект обратного экранирования. Природные соединения и получение фтора. Фторид водорода и фториды металлов. Соединения фтора с неметаллами.

10.Характеристика элементов триады железа. Природные соединения и получение железа, кобальта и никеля. Простые вещества. Физические и химические свойства. Характеристические соединения.

**Литература**

**Основная**

1.Угай Я. А. Общая и неорганическая химия / Я. А. Угай.-М.: Высш. Шк.-2007.-526 с.

2.Гончаров Е. Г.Теоретические основы неорганической химии/ Е. Г. Гончаров,Ю.П. Афиногенов,В. Ю. Кондрашин,А. М. Ховив.-Воронеж: Издательскийдом ВГУ,2014.–589с.

3.Гончаров Е. Г. Общая химия (избранные главы) / Е. Г. Гончаров, Ю. П. Афино-генов, А. М. Ховив.-Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та.-2010.–404 с.

4.Неорганическая химия: в 3т. /под ред.Ю. Д. Третьякова.–М. : Академия.-2004.

5.Хаускрофт К. Современный курс общей химии: в 2 т. / К. Хаускрофт, Э. Кон-стэбл.-М.: Мир, 2002.-Т. 1.–540 с.

**Дополнительная**

6.Некрасов Б. В. Основы общей химии: в 2 т. / Б. В. Некрасов.-СПб.: Лань.-

2003.

7.Физико-химический анализ многокомпонентных систем / Ю. П. Афиногенов, Е.Г. Гончаров, Г. В. Семенова, В. П. Зломанов.-М.: МФТИ.-2006.–332 с.

8. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганиеская химия. М.:Мир. 1969, Ч.1-3.

**Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру**

Оценка знаний поступающих в аспирантуру производится по пятибалльной шкале:

Оценка «Отлично»:

– выставляется за обстоятельный, безошибочный ответ на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру правильно определяет понятия и категории науки, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале, относящемся к предмету. Ставится претенденту, правильно и уверенно отвечающему на все вопросы контрольно-измерительного материала, а также при правильных ответах на дополнительные вопросы.

Оценка «Хорошо»:

– выставляется за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, если возникли некоторые затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Выставляется в случае правильного ответа на все вопросы контрольно-измерительного материала, если при этом имели место ошибки непринципиального характера. То же относится и к ответам на дополнительные вопросы.

Оценка «Удовлетворительно»:

– выставляется при недостаточно полном ответе на вопросы, содержащиеся в экзаменационном билете, если возникли серьезные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Если претендент показывает неглубокое знание вопросов контрольно-измерительного материала, не допуская в ответе грубых ошибок.

Оценка «Неудовлетворительно»:

– выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа теоретических знаний по дисциплинам специализации, если выявлена на данный момент неспособность к решению задач, связанных с его будущими профессиональными обязанностями. При слабом, отрывочном знании программы общих вопросов, которое не позволяет заниматься научными исследованиями в области химии.