

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М.Ф. Решетнева»
(СибГАУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИД

Ю.Ю. Логинов

2017 г.

ПРОГРАММА

ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Направление подготовки:	04.06.01	ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
Профиль подготовки:	<i>шифр</i>	<i>наименование</i> НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
Форма обучения:		<i>наименование</i> Очная, заочная
Квалификация выпускника		Исследователь. Преподаватель-исследователь.
Кафедра-разработчик рабочей программы		Неорганической химии

Красноярск 2017

Периодический закон Д.И. Менделеева

Периодическая система химических элементов. Современная формулировка Периодического закона. Закон Мозли. Периодичность в изменении электронной конфигурации атомов. Полные и неполные электронные аналоги. Периоды и группы. Коротко- и длиннопериодный варианты Периодической таблицы. Периодичность в изменении величин радиусов, энергии ионизации, сродства к электрону, электроотрицательности атомов. Периодичность в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений (оксиды, гидроксиды, галогениды, карбиды и бориды). Диагональное сходство. Вторичная периодичность.

Основы химической термодинамики

Задачи химической термодинамики. Понятия: система, параметры состояния, термодинамическое равновесие, обратимые и необратимые процессы. Важнейшие признаки химических превращений. Первый закон термодинамики, зависимость тепловых эффектов реакции от температуры. Второй закон термодинамики. Взаимосвязь между изменением свободной энергии Гиббса и Гельмгольца, тепловым эффектом и изменением энтропии реакций. Химический потенциал. Направление протекания химических процессов. Химическое равновесие, условие его сдвига. Закон действующих масс. Расчет константы равновесия из стандартных термодинамических величин. Фазовое равновесие. Правило фаз Гиббса. Основные типы диаграмм плавкости двойных конденсированных систем.

Характеристики химической связи: энергия, длина, полярность, кратность. Ковалентная связь. Природа связи в металлах и кластерах. Связь в соединениях включения. Донорно-акцепторная связь (координационная, дативная, семиполярная) – формы ковалентной связи. Полярная связь. Ионная связь. Цикл Борна – Габера. Энергия кристаллической решетки. Константа Маделунга. Водородная связь, ее природа. Химические и физические свойства веществ с ковалентной и ионной связью. Сигма-, пи-, дельта-связывание. Типы гибридизации атомных орбиталей. Основные понятия о методе молекулярных орбиталей (МО). Метод МО ЛКАО. Двухцентровые двух электронные молекулярные орбитали. Понятие о трехцентровых двух- и четырех электронных МО. Понятие об электронодефицитных связях. Современная трактовка понятий "валентность", "степень окисления", "эффективный заряд атома в молекуле". Представление о теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление d- и f- орбиталей в октаэдрических и тетраэдрических полях. Спектрохимический ряд. Теория Яна – Теллера. Химическая связь в комплексных (координационных) соединениях. Основные понятия о комплексных соединениях. Типы комплексных соединений (катионные, анионные, нейтральные комплексы, хелаты, комплексоны).

Кинетика и механизм химических реакций

Скорость химической реакции, ее зависимость от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок и молекулярность реакции. Константа скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Цепные и колебательные реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Аутокатализ. Энергия активации, ее определение из эксперимента.

Строение атома

Развитие представлений о строении атома. Волновая природа электрона. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Понятие о квантовых числах. Радиальная и орбитальная составляющие волновой функции: s-, p-, d-, f-орбитали. Атомные орбитали и их энергии. Порядок заполнения электронами атомных орбиталей. Принцип Паули. Термы атомов. Правила Хунда. Водородоподобный атом. Понятия: орбитальный радиус и энергия ионизации атома, сродство к электрону и электроотрицательность.

Конденсированное состояние вещества

Молекулярные кристаллы. Силы Ван-дер-Ваальса. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействие. Влияние водородной связи на свойства веществ с молекулярной структурой. Кристаллические вещества с ковалентным типом связи (описание в рамках МО ЛКАО), понятие о зонной теории твердого тела. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и не насыщенности ионного взаимодействия. Ионный радиус. Энергия кристаллической решетки.

Растворы и электролиты

Раствор как фаза переменного состава в бинарной и более сложной системах. Растворы жидкие, твердые, газообразные. Растворы идеальные и реальные. Давление насыщенного пара бинарных растворов. Гидратация, кристаллогидраты. Криогидраты. Коллоидные растворы. Электрофорез, диализ. Реакции нейтрализации и сольволиза в различных растворителях. Современные взгляды на природу кислот и оснований. Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Концентрация водородных ионов и водородный показатель. Сокращенные ионные уравнения реакций. Произведение растворимости. Гидролиз. Сильные и слабые электролиты. Электропроводность растворов: удельная, эквивалентная. Зависимость электропроводности сильных и слабых электролитов от концентрации и температуры. Закон разбавления Оствальда. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Обратимые электроды. Водородный электрод. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Ряд напряжений. Особенности электрохимических реакций. Уравнение Нернста. Коррозия как электрохимический процесс.

Основы химии твердого тела

Кристаллические и стеклообразные твердые тела. Симметрия кристаллической решетки. Полиморфизм и изоморфизм. Типы химической связи в кристаллах. Типы структур ионных кристаллов. Нестехиометрические соединения. Твердофазные реакции. Константы равновесия, химические потенциалы и активности компонентов в конденсированных системах. Топохимический подход, основные стадии топахимических реакций. Особенности гомогенного и гетерогенного зародышеобразования. Основные представления о кинетике и механизме твердофазных реакций. Основные представления о диффузионных процессах в твердых телах. Само- и гетеродиффузия. Законы Фика, температурная зависимость диффузии.

Металлы и неметаллы

Положение элементов - металлов и неметаллов - в Периодической системе. Типы

химической связи, кратные связи, гомо- и гетероатомные цепи. Основные типы кристаллических структур простых веществ. Основные типы фазовых диаграмм двухкомпонентных систем. Закономерности в строении и свойствах важнейших бинарных соединений: гидриды, оксиды, гидроксиды, оксокислоты, нитриды.

Общая характеристика неметаллов

Физические и химические свойства неметаллов в свободном состоянии. Основные типы химических соединений неметаллов с другими неметаллами и с металлами (тип связи, степень окисления, строение молекул и кристаллов, реакционная способность). Бинарные и более сложные формы соединений. Неорганические полимеры. Распространенность неметаллов, формы нахождения их в природе. Выделение неметаллов в свободном состоянии (лабораторные и промышленные методы). Общая характеристика элементов подгруппы серы, подгруппы галогенов, благородных газов. Характеристика важнейших неметаллов - водорода, кислорода, азота, фосфора, углерода, кремния, бора.

Общая характеристика металлов

Особенности строения электронной оболочки атомов металлов. "Металлическая" связь. Физические и химические свойства металлов. Основные классы химических соединений металлов: бинарные и более сложные соединения с металлами и неметаллами, гидраты окисей, перекисные соединения, соли, комплексные соединения различных типов, металлоорганические соединения. Строение, химические и физические свойства, соединений металлов, их реакционная способность. Изменение термодинамической стабильности, кислотно-основных свойств оксидов металлов в различной степени окисления и их производных в подгруппах и периодах Периодической системы. Проблема амфотерности. Распространенность металлов, формы их нахождения в природе. Способы получения металлов высокой чистоты (электролиз, термическое разложение летучих соединений, вакуумная возгонка, зонная плавка). Общая характеристика элементов подгруппы лития (щелочные металлы), меди, бериллия (щелочноземельные металлы), цинка, алюминия-скандия (редкоземельные элементы), галлия, титана, ванадия, мышьяка, хрома, марганца, элементов триады железа, платиновых металлов. Специфика свойств переходных металлов (поливалентность, магнитные свойства, образование окрашенных соединений, комплексообразование и т.д.). Сплавы металлов. Твердые растворы замещения и внедрения. Интерметаллические фазы, особенности их строения, условия образования. Области гомогенности интерметаллических фаз. Конструкционные и тугоплавкие металлы.

Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии

Дифракционные методы исследования: рентгеноструктурный анализ, нейтронография, электронография. Спектроскопические методы исследования. Электронные спектры в видимой и ультрафиолетовой областях. Колебательные спектры (инфракрасные спектры поглощения и спектры комбинационного рассеяния). Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный и магнитный резонанс. Спектры ядерного квадрупольного взаимодействия. Гамма-резонансная спектроскопия. Исследования магнитной восприимчивости. Исследования

дипольных моментов. Термогравиметрия, масс-спектрометрия.

Вопросы:

1. Квантовомеханическая модель атома. Квантовый характер поглощения и излучения энергии веществом. Уравнение Планка. Корпускулярно-волновой дуализм. Уравнение де-Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга.
2. Понятие о волновом уравнении Шредингера и волновой функции. Физический смысл волновой функции. Атомная орбиталь (АО). Квантовые числа. Физический смысл главного (n), орбитального (ℓ), магнитного (m_ℓ) и спинового (m_s) квантовых чисел.
3. Многоэлектронные атомы и их электронные структуры. Распределение электронов по орбиталям согласно принципу наименьшей энергии, запрету Паули и правилу Хунда. Положение элемента в периодической таблице и электронная структура его атома. s-, p-, d-, f-Элементы, их валентные орбитали.
4. Периодический закон Д.И. Менделеева. Периодические свойства атомов химических элементов: атомный радиус, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность. Шкала относительной электроотрицательности элементов.
5. Природа химической связи. Теория молекулярных орбиталей (МО). Основные положения теории. Диаграмма молекулярных орбиталей и электронная конфигурация двухатомных молекул s- и p-элементов. Порядок связи, энергия связи, межъядерное расстояние. Пара- и диамагнитные молекулы.
6. Теория валентных связей. Основные положения теории. Механизм образования ковалентной связи. Насыщаемость, направленность, полярность ковалентной связи. Валентность как способность атома образовывать химическую связь. Валентные возможности атомов.
7. Пространственная конфигурация молекул. Модель гибридных орбиталей. Метод локализованных электронных пар или метод отталкивания валентных электронных пар. Полярные и неполярные молекулы. Дипольный момент молекулы.
8. Межмолекулярные взаимодействия: ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь.
9. Газовое, жидкое, твердое состояние вещества. Кристаллическое состояние. Молекулярные, атомно-ковалентные, атомно-металлические, ионные кристаллы. Понятие зонной теории кристаллов.
10. Жидкие растворы. Концентрация растворов, способы ее выражения. Растворимость, зависимость ее от природы растворяемого вещества и растворителя, а также от внешних факторов (температуры, давления). Закон Генри. Понятие об идеальных растворах. Химическая теория растворов (Д.И. Менделеев, И.А. Каблуков). Ионизирующая способность растворителя.
11. Типы химических систем: изолированная, закрытая, открытая. Термодинамические параметры системы. Внутренняя энергия. Закон сохранения энергии. Энтальпия фазовых и химических превращений. Закон Гесса. Термохимические расчеты. Стандартные условия. Стандартная энтальпия образования вещества.
12. Понятие об энтропии как мере разупорядоченности системы. Энергия Гиббса. Стандартная энергия Гиббса образования вещества. Условие принципиальной возможности самопроизвольного осуществления химического процесса. Энтальпийный и энтропийный факторы и направление процесса. Влияние

температуры на направление процесса.

13. Обратимые и необратимые химические процессы. Химическое равновесие в гомогенных системах. Константа равновесия и ее связь с изменением энергии Гиббса системы. Принцип Ле Шателье. Влияние температуры, давления, концентрации реагентов на химическое равновесие.

14. Константа ионизации слабых электролитов. Константа автопротолиза. Ионное произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели. Понятие об индикаторах. Равновесие в гетерогенных системах. Произведение растворимости.

15. Условия одностороннего протекания химических реакций. Гидролиз солей и ковалентных соединений. Степень гидролиза и ее зависимость от природы вещества, концентрации раствора, температуры. Константа гидролиза. Изменение pH раствора в результате гидролиза химических соединений.

16. Окислительно-восстановительные процессы. Понятие окислителя и восстановителя. Составление окислительно-восстановительных реакций. Метод учета изменения степеней окисления элементов. Ионно-электронный метод. Типы ОВР.

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

18. Химические источники тока. Гальванические элементы. Электродвижущая сила гальванического элемента (ЭДС). Электролиз расплавов и растворов электролитов. Применение электролиза в промышленности.

19. Водород. Общая характеристика элемента. Простое вещество. Строение молекулы. Физические и химические свойства водорода. Применение водорода, его получение в лаборатории и промышленности.

Соединения водорода(-I). Гидриды, их свойства, получение и применение.

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

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

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

23. p-Элементы VI группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, их строение. Аллотропия кислорода, серы. Их свойства и применение.

24. Соединения кислорода(-II). Кислотно-основные свойства оксидов, получение и применение. Вода, строение молекулы. Свойства жидкой воды. Вода - ионизирующий растворитель. Кристаллогидраты. Пероксиды. Пероксид водорода, строение молекулы, свойства, получение, применение. Пероксокислоты.

25. Сульфиды, персульфиды. Кислотно-основные свойства сульфидов, их

классификация. Многосернистые соединения. Соединения серы (IV, VI). Их строение, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, получение, применение. Сульфидосульфаты (VI), полисульфаты, полисерные кислоты, галогенсульфоновые кислоты, их свойства.

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

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

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

29. p-Элементы IV группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, их строение. Аллотропия углерода. Алмаз, графит, карбин, фуллерен. Свойства, применение.

Соединения углерода в отрицательной степени окисления. Углеводороды, причина их многообразия. Бинарные соединения, кислоты, соли углерода (II, IV), кремния (IV). Строение, свойства и применение этих соединений.

30. Гидриды германия, олова, свинца. Оловянные кислоты и их свойства. Сурик, его применение. Окислительно-восстановительные свойства соединений германия, олова, свинца.

31. p-Элементы III группы. Общая характеристика элементов. Физические и химические свойства бора и алюминия. Получение бора и алюминия, их применение.

Соединения бора (III) и алюминия (III), их строение, кислотно-основные свойства, получение. Модификации нитрида бора. Борные кислоты. Ортоборная кислота. Бораты. Бура. Борные стекла. Применение соединений бора и алюминия.

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

33. Общие свойства d-элементов. Положение d-элементов в периодической системе и строение электронных оболочек их атомов. Характер изменения в подгруппах радиуса, энергии ионизации атомов, степеней окисления, координационных чисел атомов. Характер изменения этих параметров элементов в периодах.

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

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

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

Окраска комплексов.

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

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

39. Соединения хрома (II, III). Их строение, получение, свойства. Кристаллогидраты. Квасцы. Галогениды, оксиды, оксогалогениды хрома (VI), молибдена (VI), вольфрама (VI). Хроматы (VI), полихроматы (VI), их взаимные переходы. Хромовая кислота. Пероксокомплексы хрома (VI). Окислительные свойства хроматов (VI). Сравнение кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств соединений хрома (II), (III), (VI). Применение соединений хрома.

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

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

42. d-Элементы VIII группы. Общая характеристика элементов. Железо. Аллотропия железа. Свойства, получение и применение железа. Коррозия железа, способы борьбы с ней.

43. Галогениды, оксиды, гидроксиды железа (II), (III). Сравнение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений железа (II) и железа (III). Цианидные комплексы железа. Желтая и красная кровяная соль. Реакции обнаружения ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} . Ферраты (VI), получение, окислительные свойства.

44. Кобальт. Свойства кобальта, его получение. Сплавы кобальта. Изомерия комплексов кобальта (III), их окраска. Применение кобальта и его соединений. Никель. Свойства и получение никеля. Соединения никеля (II).

45. Платиновые металлы. Их степени окисления. Свойства простых веществ. Примеры соединений. Их применение.

46. d-Элементы I группы. Общая характеристика элементов. Простые вещества, строение, свойства, получение, применение. Влияние комплексообразования на химическую активность простых веществ. Сплавы меди, серебра, золота. Соединения меди, серебра, золота. Их свойства, получение и применение и т.д.

Основная литература

1. Ахметов, Н.С. Общая и неорганическая химия : [учеб. для хим.-технол. специальностей вузов] / Н. С. Ахметов, 2008. - 743 с.
2. Балецкая, Л.Г. Неорганическая химия : [учеб. пособие для вузов] / Л. Г. Балецкая, 2010. - 317 с.
3. Гельфман, М.И. Химия координационных соединений : учеб. пособие : [по специальностям "Хим. технология неорг. веществ", "Химия", для аспирантов и преподавателей хим.-технол. и хим. специальностей] / М. И. Гельфман, Т. Г. Черкасова, 2005. - 112 с.

4. Лидин, Р.А. Неорганическая химия в реакциях : справочник / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева ; под ред. Р. А. Лидина, 2007. - 637, [1] с.
5. Лидин, Р.А. Справочник по общей и неорганической химии / Р. А. Лидин, 2008. - 350 с.
6. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ : [учеб. пособие для вузов по специальности "Неорган. химия"] / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева ; под ред. Р. А. Лидина, 2008. - 479 с.
7. Коровин, Н.В. Общая химия : [учеб. для техн. вузов] / Н. В. Коровин, 2008. - 557 с.
8. Карапетьянц, М.Х. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 2001.
9. Неорганическая химия / Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. Т. 1, 2. М.: Химия, 2001.
10. Хьюи Дж. Неорганическая химия: строение вещества и реакционная способность. М.: Химия, 1987.

Дополнительная литература

1. Костромина, Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1990.
2. Кукушкин, Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 2001.
3. Полторацк, О.И., Ковба Л.М. Физико-химические основы неорганической химии. М.: Изд-во МГУ, 1984.
4. Спицын, В.И. Неорганическая химия. Т. 1, 2. М.: Изд-во МГУ, 1991, 1994.
5. Турова, Н.Я. Неорганическая химия в таблицах. М.: ВХК РАН, 1999.
6. Угай, Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк., 2001.

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.chemport.ru>
2. <http://www.chem.msu.su/rus>
3. <http://www.school-sector.relarn.ru>