

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по образовательной
деятельности
Е.М. Разинкина
«30» сентября 2019 г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИСЦИПЛИНА
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ
04.06.01 – Химические науки**

Направленность (профиль):

1. Неорганическая химия

Директор Института
машиностроения, материалов и транспорта

А.А. Попович

Руководитель основных
образовательных программ ИММиТ

О.В. Кочнева

г. Санкт-Петербург
2019

1. Неорганическая химия

Введение

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы неорганической химии, ее теоретические основы (строение вещества, термодинамика и кинетика), химию элементов, свойства и методы синтеза основных классов неорганических соединений, а также методы их исследования.

Программа разработана в соответствии с требованиями экспертного совета Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по неорганической химии.

1. Фундаментальные основы неорганической химии

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.

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. Принцип изоlobalного соответствия. Корреляционные диаграммы.

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

Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.

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

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. Спектрохимический ряд 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. Диаграммы Танабэ—Сугано для многоэлектронных систем.

Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Кратные связи металл—металл.

Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. *Транс*-влияние, *цис*-эффект. Внутрисферные реакции лигандов.

Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

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. Изотерма химической реакции. 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.

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 рН, шкала рН. 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. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

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

Химия s-элементов

Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления.

Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто- и пара-водород. 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.* Основные классы химических соединений – получение и свойства. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Применение щелочных металлов и их соединений.

Элементы группы IIA. Общая характеристика группы.* Основные классы химических соединений – получение и свойства. Особенности комплексообразования *s*-металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, щелочно-земельных металлов и их соединений.

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. Аллюминаты и гидроксоаллюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Тl(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, гидросиламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз. Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO₂. 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. Политионовые кислоты и политионаты. 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.

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 VIIB. 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 VIIB 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.

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.

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 комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР, EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма.

Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.

Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ.

Термогравиметрия и масс-спектрометрия.

Исследование поверхности методами рентгено- и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии.

Вопросы к экзамену:

Строение вещества: введение, классы неорганических соединений.

1. Основные понятия химии.
2. Типы химических соединений и номенклатура, их химические свойства.
3. Основные законы химии (закон сохранения массы и энергии, закон постоянства состава, закон эквивалентов, газовые законы).

Периодический закон Д.И. Менделеева.

5. История вопроса.
6. Модель строения атома водорода (по Резерфорду и Бору), современные (квантово-механические) представления.
7. Двойственная природа электрона.
8. Строение многоэлектронных атомов.
9. Состояние электрона в атоме, уравнение Шредингера, квантовые числа.
10. Основные принципы и последовательность заполнения электронами атомных орбиталей многоэлектронных атомов.
11. Современная трактовка Периодического закона Менделеева.
12. Основные свойства химических элементов (состав ядра, эффективный радиус, ковалентный радиус, энергия ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность, поляризуемость и поляризующая способность).
13. Периодическая система элементов.
14. Взаимосвязь свойств химических элементов с электронной структурой их атомов и положением в таблице (s-, p-, d -, f- элементы, основные сходства и различия).
15. Периодичность в изменении основных свойств химических элементов.
16. Вертикальная и горизонтальная аналогия свойств элементов.
17. Кайносимметрия. Вторичная периодичность.

Химическая связь.

18. История вопроса.
19. Понятие о валентности.
20. Квантово-механические методы описания ковалентной химической связи.
21. Метод валентных связей (ВС).
22. Гибридизация атомных орбиталей.
23. Метод молекулярных орбиталей (МО).
24. Энергетические диаграммы простейших гомо- и гетероатомных молекул.
25. Основные свойства ковалентной связи (длина, энергия, кратность, направленность, насыщаемость).

26. Ионная связь. Металлическая связь, основы зонной теории. Межмолекулярные взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса. Водородная связь.

Химия элементов.

27. Происхождение химических элементов, распространенность на Земле.

28. Металлы и неметаллы (физические и химические свойства, получение и получение в особо чистом состоянии).

29. *s*-элементы I и II групп (главная подгруппа I и II группы).

Общая характеристика *p*-элементов (главная подгруппа III, IV, V, VI, VII и VIII группы).

30. *d*- и *f*-элементы (вводный обзор, электронное строение комплексов, теория поля лигандов, комплексы с лигандами π -акцепторного типа, металлоорганические соединения).

31. Первый, второй и третий ряды переходных элементов. Лантаноиды и актиноиды.

Химическая термодинамика.

32. Основные понятия химической термодинамики: внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, свободная энергия Гиббса, химический потенциал. Их взаимосвязь.

33. I и II Начала термодинамики. Направленность самопроизвольного протекания химических процессов.

33. Термохимия (тепловой эффект реакций, закон Гесса и следствия из него, термохимические расчеты).

34. Химическая кинетика. Основные понятия химической кинетики. Гомогенные и гетерогенные химические реакции. Зависимость скорости гомогенных и гетерогенных реакции от концентрации реагирующих веществ, температуры, давления. Влияние других факторов. Энергия активации, активированный комплекс. Гомогенный и гетерогенный катализ.

35. Химическое равновесие, описание. Влияние внешних факторов на состояние химического равновесия, принцип Ле-Шателье.

36. Цепные реакции.

Химические системы; дисперсные системы, растворы.

37. Современные представления о природе растворов.

38. Процессы растворения жидких, твердых и газообразных веществ (особенности, влияние внешних факторов).

39. Растворы неэлектролитов. Растворы электролитов (степень и константа диссоциации, их зависимость от природы растворенного вещества и растворителя, концентрации и температуры. Изотонический коэффициент). Ионное произведение воды, pH растворов.

40. Способы выражения концентрации растворов.

41. Растворы как химические соединения. Осмос, осмотическое давление. Диаграмма состояния воды. Закон Рауля и следствия из него.

Реакционная способность веществ; химия и периодическая система элементов, кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства веществ.

42. Ионно-обменные реакции (смещение равновесия в ходе ионно-обменных процессов, условия образования осадков, переосаждение малорастворимых веществ).

43. Гидролиз солей (степень и константа гидролиза; зависимость от типа соли, температуры и концентрации).

44. Окислительно-восстановительные реакции, основные понятия. Два метода постановки коэффициентов.

45. Направленность окислительно-восстановительных реакций, расчет эдс. Особенности протекания окислительно-восстановительных реакций в стандартных и нестандартных условиях. Уравнение Нернста.

46. Возникновение потенциала на границе металл-раствор соли этого металла. Двойной электрический слой. Стандартный водородный электрод. Гальванический элемент, эдс гальванического элемента, термодинамика гальванического элемента.
47. Активность металлов, ряд активности металлов. Взаимодействие металлов различной активности с водой, растворами солей, кислот, оснований.
48. Коррозия металлов и сплавов в реальных условиях (особенности протекания химической и электрохимической коррозии металлов, причины и следствия, способы защиты).
49. Электролиз (законы электролиза, основные понятия). Особенности электролиза растворов и расплавов различных солей с использованием инертных (блокирующих) и активных электродов. Возможность и последовательность восстановления металлов различной активности в процессе электролиза.

Прикладная химия.

50. Конструкционные материалы (сплавы железа, медные и другие сплавы, легкие и износостойкие конструкционные материалы).
51. Электротехнические материалы (проводники, сверхпроводники, полупроводники, диэлектрики).
52. Вяжущие материалы, стекло, керамика.
53. Химические волокна и пластмассы.
54. Топливо и его виды, смазочные материалы.

Основная литература

- Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. М.: Высш. шк., 2001.
Глинка Н.Л. Общая химия. М.: Интегралл-Пресс, 2009, 728 с.
Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 2001.
Суворов А.В., Никольский А.Б. Общая химия. М.: Мир, 1997.

Дополнительная литература

- Некрасов Б.В. Основы общей химии. Т. 1, 2, 3. М.: Химия, 1972—1973.
Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. Т. 1—3. М.: Мир, 1969.

2. Физическая химия

Введение. Химическая термодинамика

Становление и развитие физической химии Основные понятия: система, уравнения состояния, нулевой закон термодинамики, температура. Первый закон термодинамики: внутренняя энергия, теплота, работа, энтальпия, теплоемкость, закон Гесса, зависимость изменения энтальпии реакции от температуры. Второй закон термодинамики: энтропия, расчет изменения энтропии для различных процессов, зависимость изменения энтропии реакции от температуры. Третий закон термодинамики, определение абсолютной энтропии. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Характеристические функции. Химический потенциал. Характеристические функции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Правило фаз Гиббса.

Термодинамика растворов

Способы выражения концентрации растворов. Закон Рауля. Диаграмма давление пара – состав для идеального раствора. Первый закон Коновалова. Диаграмма температура кипения – состав для идеального раствора. Давление пара над неидеальными растворами. Второй закон Коновалова. Активность и коэффициент активности. Уравнение Генри. Распределение вещества между двумя фазами. Осмотическое давление. Криоскопия. Эбулиоскопия. Идеальная растворимость твердых веществ. Растворимость газов в жидкостях.

Термодинамика химических реакций

Термодинамика простых газовых реакций. Вывод общего условия химического равновесия. Химическое равновесие в случае идеальных газов. Химическое равновесие в случае неидеальных газов. Связь константы равновесия со степенью диссоциации газов. Химическое равновесие в растворах. Равновесия, включающие твердые вещества. Влияние температуры и давления на химическое равновесие.

Электрохимия

Становление и развитие электрохимии. Растворы электролитов: теория электролитической диссоциации Аррениуса, степень диссоциации и константа диссоциации электролита, сильные и слабые электролиты. Прохождение электрического тока через растворы электролитов: законы Фарадея, электропроводимость растворов электролитов, числа переноса, подвижность ионов в водных растворах, правило Вальдена-Писсаржевского. Термодинамика растворов электролитов: средняя ионная активность, средний ионный коэффициент активности, зависимость среднего ионного коэффициента активности от концентрации электролита. Электрохимическая термодинамика: равновесие на границе раздела металл-раствор и металл-металл, электродвижущая сила электрохимической цепи, зависимость ЭДС от температуры и концентрации электролита. Электроды: электроды первого и второго рода, газовые электроды, окислительно-восстановительные электроды, стеклянный электрод, стандартные электродные потенциалы, диаграмма Пурбе. Электрохимические цепи: концентрационные цепи первого рода, простые химические цепи, двоянные химические цепи, концентрационные цепи второго рода, сложные химические цепи. Мембранное равновесие, мембранный потенциал.

Поверхностные явления

Термодинамика поверхностных явлений: поверхностное натяжение, определение поверхностного натяжения, факторы, влияющие на поверхностное натяжение жидкостей, молекулярная природа поверхностного натяжения жидкостей, термодинамика

поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах, расклинивающее давление. Капиллярные явления: капиллярное давление, смачивание, адгезия, влияние кривизны поверхности на давление пара и растворимость, течение жидкостей в капиллярах и пористых средах, измерение поверхностного натяжения и краевых углов смачивания. Адсорбция поверхностно-активных веществ: поверхностное натяжение растворов, уравнение адсорбции Гиббса, уравнение Ленгмюра, строение адсорбционных слоев ПАВ, адсорбция ПАВ на поверхности раздела жидких фаз, адсорбция ПАВ из растворов на поверхности твердых тел, химическое модифицирование твердых поверхностей.

Химическая кинетика

Скорость реакции, порядок реакции, молекулярность реакции. Кинетика простых гомогенных реакций: односторонние реакции первого, второго и n – го порядков. Методы определения порядка реакции. Кинетика сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные реакции. Влияние температуры на скорость химической реакции: уравнение Аррениуса, энергия активации. Теория активных соударений, Мономолекулярная реакция с точки зрения теории активных соударений. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Кинетические уравнения гетерогенных процессов: растворение мрамора в соляной кислоте, растворение соли в воде. Цепные реакции, фотохимические реакции, топохимические реакции. Гомогенный катализ и гетерогенный катализ.

Вопросы к экзамену:

Химическая термодинамика.

Закон Гесса, зависимость изменения энтальпии реакции от температуры.

Этропия, расчет изменения энтропии для различных процессов, зависимость изменения энтропии реакции от температуры.

Характеристические функции. Химический потенциал. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Правило фаз Гиббса.

Термодинамика растворов.

Закон Рауля.

Диаграмма давление пара – состав для идеального раствора. Первый закон Коновалова.

Диаграмма температура кипения – состав для идеального раствора.

Давление пара над неидеальными растворами. Второй закон Коновалова.

Активность и коэффициент активности. Уравнение Генри.

Распределение вещества между двумя фазами.

Осмотическое давление.

Криоскопия.

Эбулиоскопия.

Идеальная растворимость твердых веществ.

Термодинамика химических реакций.

Вывод общего условия химического равновесия.

Химическое равновесие в случае идеальных газов.

Связь константы равновесия со степенью диссоциации газов.

Равновесия, включающие твердые вещества.

Влияние температуры и давления на химическое равновесие.

Электрохимия.

Электропроводимость растворов электролитов, числа переноса, подвижность ионов в водных растворах.

Термодинамика растворов электролитов: средняя ионная активность, средний ионный коэффициент активности, зависимость среднего ионного коэффициента активности от концентрации электролита.

Электрохимическая термодинамика: равновесие на границе раздела металл-раствор и металл-металл.

Электродвижущая сила электрохимической цепи, зависимость ЭДС от температуры и концентрации электролита.

Электроды: электроды первого и второго рода, газовые электроды, окислительно-восстановительные электроды, стеклянный электрод.

Стандартные электродные потенциалы, диаграмма Пурбе.

Электрохимические цепи: концентрационные цепи первого рода, простые химические цепи, сдвоенные химические цепи, концентрационные цепи второго рода, сложные химические цепи.

Мембранное равновесие, мембранный потенциал.

Поверхностные явления.

Термодинамика поверхностных явлений: поверхностное натяжение, определение поверхностного натяжения.

Термодинамика поверхности раздела фаз в однокомпонентных системах.

Капиллярные явления: капиллярное давление, смачивание, адгезия, влияние кривизны поверхности на давление пара и растворимость.

Адсорбция поверхностно-активных веществ: поверхностное натяжение растворов, уравнение адсорбции Гиббса, уравнение Ленгмюра.

Химическая кинетика.

Кинетика простых гомогенных реакций: односторонние реакции первого, второго порядков.

Методы определения порядка реакции.

Кинетика сложных реакций: обратимые, параллельные, последовательные реакции.

Влияние температуры на скорость химической реакции: уравнение Аррениуса, энергия активации.

Теория активных соударений: Мономолекулярная реакция с точки зрения теории активных соударений.

Теория переходного состояния (активированного комплекса).

Кинетические уравнения гетерогенных процессов: растворение мрамора в соляной кислоте, растворение соли в воде.

Цепные реакции.

Фотохимические реакции.

Топохимические реакции.

Гомогенный катализ и гетерогенный катализ.

Основная литература

1. Курс физической химии: учеб. пособие для ун-тов / Я. И. Герасимов, В. П. Древинг, Е. Н. Еремин и др.; Под ред. Я. И. Герасимова. 2-е изд. испр. Т.1. М.: Химия, 1970. 592 с.
2. . Курс физической химии: учеб. Пособие для ун-тов / Я. И. Герасимов, В. П. Древинг, Е. Н. Еремин и др.; Под ред. Я. И. Герасимова. 2-е изд. испр. Т.2. М.: Химия, 1973. 623 с.
3. Дамаскин Б. Б. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина, 2-е изд. М.: Химия, КолоС, 2008. 672 с.

Дополнительная литература

1. Морачевский А. Г. Прикладная химическая термодинамика: Учеб. пособие / А. Г. Морачевский, М. С. Кохацкая. СПб.: Изд-во Политехн. ин-та, 2008. 254 с.
2. Ярославцев А. Б. Химия твердого тела. М.: Научный мир. 2009. 328 с.