

Приложение 10  
к постановлению президиума  
НАК при Президенте  
Кыргызской Республики  
от 25 февраля 2022 № 140

## **ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 02.00.04 – ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Цель кандидатского экзамена по специальности 02.00.04 – физическая химия по химическим наукам: установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

### **СОДЕРЖАНИЕ ТИПОВОЙ ПРОГРАММЫ-МИНИМУМА**

В основу настоящей программы положены учение о строении вещества, химическая термодинамика, теория поверхностных явлений, учение об электрохимических процессах, теория кинетики химических реакций и учение о катализе. Программа представляет собой базовую часть кандидатского экзамена по специальности и составлена на основании паспорта научной специальности 02.00.04 - Физическая химия. Дополнительная часть кандидатского экзамена по специальности разрабатывается индивидуально для каждого аспиранта или соискателя с учетом области его научных исследований, темы диссертационной работы и утверждается в установленном порядке.

#### **1. Строение вещества**

##### ***1.1. Основы классической теории химического строения***

Основные положения классической теории химического строения, Связь строения и свойств молекул.

##### ***1.2. Физические основы учения о строении молекул***

Механическая модель молекулы. Потенциалы парных взаимодействий. Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шредингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Электронное волновое уравнение. Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Колебания

молекул. Вращение молекул. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах.

### ***1.3. Электрические и магнитные свойства***

Дипольный момент и поляризуемость молекул. Магнитный момент и магнитная восприимчивость. Эффекты Штарка и Зеемана. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением.

### ***1.4. Межмолекулярные взаимодействия***

Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь.

### ***1.5. Строение конденсированных фаз***

Структурная классификация конденсированных фаз. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры. Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Металлы и полупроводники. Зонная структура энергетического спектра кристаллов. Различные типы проводимости. Колебания в кристаллах. Фононы. Жидкости. Мгновенная и колебательно-усредненная структура жидкости. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов. Мицеллообразование и строение мицелл. Мезофазы. Пластические кристаллы. Жидкие кристаллы (нематики, смектики, холестерики и др.).

### ***1.6. Химия поверхности твердого тела***

Поверхностные явления. Отличие свойств поверхности от свойств объема. Локализация «оборванных» связей: реконструкция и релаксация поверхности; образование функционального покрова. Твердое тело как надмолекула. Остов твердого тела и поверхностные функциональные группы. Поверхность неорганических и органических твердых тел. Пористые и гладкие поверхности. Методы исследования поверхности твердого тела и поверхностных взаимодействий. Адсорбционные измерения величин удельной поверхности, объема пор и распределения пор по размерам. Методы определения структуры и топографии поверхности: сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия, дифракция медленных электронов. Методы

определения химического состава поверхностных слоев и природы функционального покрова: оптическая спектроскопия (УФ-, ИК-, спектроскопия комбинационного рассеяния); радиоспектроскопия (ЭПР, ЯМР); мессбауэровская спектроскопия (ЯГР); рентгеновские и другие спектральные методы, МСВИ, Оже-спектроскопия, РФЭС, EXAFS, термолинзовая спектроскопия). Метод термодесорбции для исследования поверхностных взаимодействий. Фрактальная размерность. Фракталы массы и поверхности. Применение фрактального анализа для описания пористых твердых тел. Экспериментальные методы определения фрактальной размерности. Поверхности различных материалов: металлов, оксидов, алмаза, графита. Влияние химического состояния поверхности на физические и химические свойства твердых тел. Кремнезем как модельный носитель. Методы модифицирования поверхности: физическое (легирование, ионная имплантация, нанесение тонких пленок и покрытий) и химическое (изменение функционального покрова) модифицирование.

## **2. Химическая термодинамика**

### ***2.1. Основные понятия и законы термодинамики***

Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура, интенсивные и экстенсивные переменные. Уравнения состояния. Теорема о соответственных состояниях. Вириальные уравнения состояния. Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгофа. Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно-Клаузиуса. Различные шкалы температур. Фундаментальные уравнения Гиббса. Характеристические функции. Энергия Гиббса, энергия Гельмгольца. Уравнения Максвелла. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчеты констант равновесия химических реакций с использованием таблиц стандартных значений термодинамических функций. Приведенная энергия Гиббса и ее

использование для расчетов химических равновесий. Равновесие в поле внешних сил. Полные потенциалы.

## ***2.2. Элементы статистической термодинамики***

Микро- и макросостояния химических систем. Фазовые  $G$  - и  $m$  -пространства. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана. Статистические средние значения макроскопических величин. Ансамбли Гиббса. Микроканоническое и каноническое распределения. Расчет числа состояний в квазиклассическом приближении. Каноническая функция распределения Гиббса. Сумма по состояниям как статистическая характеристическая функция. Статистические выражения для основных термодинамических функций. Молекулярная сумма по состояниям и сумма по состояниям макроскопической системы. Поступательная, вращательная, электронная и колебательная суммы по состояниям. Статистический расчет энтропии. Постулат Планка и абсолютная энтропия. Приближение «жесткий ротатор – гармонический осциллятор». Составляющие внутренней энергии, теплоемкости и энтропии, обусловленные поступательным, вращательным и колебательным движением. Расчет констант равновесия химических реакций в идеальных газах методом статистической термодинамики. Статистическая термодинамика реальных систем. Потенциалы межмолекулярного взаимодействия и конфигурационный интеграл для реального газа. Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденный идеальный газ. Электроны в металлах. Уровень Ферми. Статистическая теория Эйнштейна идеального кристалла, теория Дебая. Точечные дефекты кристаллических решеток. Равновесные и неравновесные дефекты. Вычисление сумм по состояниям для кристаллов с различными точечными дефектами. Нестехиометрические соединения и их термодинамическое описание.

## ***2.3. Элементы термодинамики необратимых процессов***

Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное равновесие. Флуктуации. Функция диссипации. Потoki и силы. Скорость производства энтропии. Зависимость скорости производства энтропии от обобщенных потоков и сил. Соотношения взаимности Онзагера. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина. Термодиффузия и ее описание в неравновесной термодинамике. Уравнение Чепмена-Энскогo.

## ***2.4. Растворы. Фазовые равновесия***

Различные типы растворов. Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы, общее условие идеальности растворов. Давление насыщенного пара жидких растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Метод активностей. Коэффициенты активности и их

определение. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент растворов. Симметричная и несимметричная системы отсчета. Коллигативные свойства растворов. Изменение температуры замерзания растворов, криоскопия. Зонная плавка. Осмотические явления. Парциальные молярные величины, их определение для бинарных систем. Уравнение Гиббса – Дюгема. Функция смешения для идеальных и неидеальных растворов. Предельно разбавленные растворы, атермальные и регулярные растворы, их свойства. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропные смеси. Фазовые переходы второго рода. Уравнения Эренфеста. Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Диаграммы плавкости трехкомпонентных систем.

### ***2.5. Адсорбция и поверхностные явления***

Адсорбция. Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Динамический характер адсорбционного равновесия. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Лэнгмюра. Адсорбция из растворов. Уравнение Брунауэра-Эмета-Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента. Хроматография, различные ее типы (газовая, жидкостная, противоточная и др.). Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, избыточные термодинамические функции поверхностного слоя. Изменение поверхностного натяжения на границе жидкость – пар в зависимости от температуры. Связь свободной поверхностной энергии с теплотой сублимации (правило Стефана), модулем упругости и другими свойствами вещества. Эффект Ребиндера: изменение прочности и пластичности твердых тел вследствие снижения их поверхностной энергии.

Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса-Оствальда-Фрейндлиха).

### ***2.6. Электрохимические процессы***

Растворы электролитов. Ион-дипольное взаимодействие как основной процесс, определяющий устойчивость растворов электролитов. Коэффициенты активности в растворах электролитов. Средняя активность и средний коэффициент активности, их связь с активностью отдельных ионов. Основные положения теории Дебая-Хюккеля. Потенциал ионной атмосферы. Условия электрохимического равновесия на границе раздела фаз и в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента. Электродвижущая сила, ее выражение через энергию Гиббса реакции в элементе. Уравнения Нернста и Гиббса-Гельмгольца для равновесной электрохимической цепи. Понятие электродного потенциала. Определение коэффициентов активности на основе измерений ЭДС гальванического элемента. Электропроводность растворов электролитов; удельная и эквивалентная электропроводность. Числа переноса, подвижность ионов и закон Кольрауша. Электрофоретический и релаксационные эффекты.

### **3. Кинетика химических реакций**

#### ***3.1. Химическая кинетика***

Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции переменного порядка. Феноменологическая кинетика сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Квазистационарное приближение. Метод Боденштейн-Темкина. Кинетика гомогенных каталитических и ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций. Предельные явления в разветвленных цепных реакциях. Полуостров воспламенения, период индукции. Тепловой взрыв. Реакции в потоке. Реакции идеального вытеснения и идеального смешения. Колебательные реакции. Макрокинетика. Роль диффузии в кинетике гетерогенных реакций. Кинетика гетерогенных каталитических реакций. Различные режимы протекания реакций (кинетическая и внешняя кинетическая области, области внешней и внутренней диффузии). Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул.

Обмен энергией (поступательной, вращательной и колебательной) при столкновениях молекул. Время релаксации в молекулярных системах. Теория активных столкновений. Сечение химических реакций. Формула Траутца-Льюиса. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции. Статистический расчет константы скорости. Энергия и энтропия активации. Использование молекулярных постоянных при расчете константы скорости. Различные типы химических реакций. Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана-Христиансена. Теория РРKM. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры. Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация. Фотохимические и радиационно-химические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход. Закон Эйнштейна-Штарка. Электрохимические реакции. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Теория Гуи-Чапмена-Грэма. Электрокапиллярные явления, уравнение Липпмана. Скорость и стадии электродного процесса. Поляризация электродов. Полярография. Ток обмена и перенапряжение. Зависимость скорости стадии разряда от строения двойного слоя. Химические источники тока, их виды. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.

### **3.2. Катализ**

Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Функции кислотности Гаммета. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ. Катализ металлокомплексными соединениями. Гомогенные реакции гидрирования, их кинетика и механизмы. Ферментативный катализ. Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов. Коферменты. Механизмы ферментативного катализа. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в кинетике

гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций. Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов. Основные промышленные каталитические процессы.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. - М.: Мир, 2006. - 683 с
2. Степанов Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия. М.: Мир, М.: Мир, 2008.- 519 с.
3. Герасимов Я.И. и др. Курс физической химии. Т.1-2, М.,1966
4. Никольский Б.П. и др. Физическая химия. Л., 1978
5. Эткинс П. Физическая химия Т.1-2, М., 1980
6. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г. А. Электрохимия. М.: Химия, 2001.
7. Мюнстер Ф. Химическая термодинамика. М.: Мир, 1971.
8. Смирнова Н.А. Методы статистической термодинамики в физической химии. М.: Высш. шк., 1982.
9. Панченков Г.М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1985.
10. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984

### Дополнительная литература

1. Гиббс Дж. Термодинамика. Статистическая механика. М., 1982
2. Сторонкин А.В. Термодинамика гетерогенных систем. Ч. 1-3, Л., 1967,1969
3. Пригожин И. Р., Дефэй Р. Химическая термодинамика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 533 с.
4. Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М. Теория строения молекул. Ростов-на-Дону: Феникс, 1997.
5. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979.
6. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. М.: Мир, 1977.
7. Харнед Г., Оуэн Б. Физическая химия растворов электролитов.М., 1952
8. Соколова Е.П., Смирнова Н.А. Межмолекулярные взаимодействия. Основные понятия. Учебное пособие. С-Пб: Из-во Санкт-Петербургского университета. 2008. 224 с.
9. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов М.: Мир, 1967.



## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ТИПОВОЙ ПРОГРАММЕ-МИНИМУМ

1. Основные положения классической теории химического строения. Структурная формула и граф молекулы. Изомерия. Конформации молекул. Связь строения и свойств молекул.
2. Механическая модель молекулы. Потенциалы парных взаимодействий. Методы молекулярной механики и молекулярной динамики при анализе строения молекул.
3. Общие принципы квантово-механического описания молекулярных систем. Стационарное уравнение Шредингера для свободной молекулы. Адиабатическое приближение. Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии.
4. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры. Методы разделения оптических изомеров.
5. Колебания молекул. Нормальные колебания, амплитуды и частоты колебаний, частоты основных колебательных переходов. Спектроскопия ИК- и КР. Вращение молекул. Различные типы молекулярных волчков. Вращательные уровни энергии.
6. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Правило Хунда. Электронная плотность. Энергия ионизации, электронное сродство, электроотрицательность. Методы измерения энергии ионизации молекул.
7. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения. Локализованные молекулярные орбитали. Гибридизация. Представления о зарядах на атомах и порядках связей. Теория граничных орбиталей.
8. Симметрия молекулярных систем. Точечные группы симметрии молекул. Симметрия атомных и молекулярных орбиталей. Электронное приближение. Сохранение орбитальной симметрии при химических реакциях.
9. Электрические и магнитные свойства. Дипольный момент и поляризуемость молекул. Магнитный момент и магнитная восприимчивость. Эффекты Штарка и Зеемана. Магнитно-резонансные методы исследования строения молекул. Ядерный магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс. Химический сдвиг.
10. Оптические спектры молекул. Вероятности переходов и правила отбора при переходах между различными квантовыми состояниями молекул. Связь спектров молекул с их строением. Определение структурных характеристик молекул из спектроскопических данных.

11. Межмолекулярные взаимодействия. Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-Ваальсовы молекулы. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.
12. Строение основных типов органических, элементо- и металлоорганических соединений. Полиядерные комплексные соединения и металлокластеры. Соединения включения. Рентгеноструктурный анализ.
13. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Атомные, ионные, молекулярные и другие типы кристаллов. Цепочечные, каркасные и слоистые структуры. Методы исследования структуры молекул и кристаллов.
14. Масс-спектральные методы исследования строения молекул.
15. Жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Растворы неэлектролитов. Структура воды и водных растворов. Структура жидких электролитов. Жидкие кристаллы.
16. Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура, интенсивные и экстенсивные переменные.
17. Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
18. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно–Клаузиуса. Различные шкалы температур.
19. Контактные равновесия. Фундаментальное уравнение в энтропийном и энергетическом выражениях. Однородные функции и теорема Эйлера. Условия равновесия и стабильности Гиббса в энтропийном и энергетическом выражениях.
20. Свойства фундаментального уравнения. Характеристические функции. Уравнения состояния. Уравнения Гиббса–Дюгема.
20. Преобразование Лежандра как метод получения термодинамических потенциалов. Условия равновесия и критерии самопроизвольного протекания процессов в метрике термодинамических потенциалов. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Химические потенциалы.
21. Средние молярные, парциальные молярные величины.
22. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа равновесия. Изотерма Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры химической реакции.
23. Элементы статистической термодинамики. Микро- и макросостояния химических систем. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Распределение Максвелла – Больцмана.

24. Элементы термодинамики необратимых процессов. Основные положения термодинамики неравновесных процессов. Локальное равновесие. Флуктуации. Функция диссипации. Потоки и силы. Соотношения взаимности Онзагера. Стационарное состояние системы и теорема Пригожина.
25. Растворы. Способы выражения состава растворов. Идеальные растворы. Давление насыщенного пара жидких растворов, закон Рауля. Неидеальные растворы и их свойства. Коэффициенты активности и их определение.
26. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса. Дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса. Однокомпонентные системы. Диаграмма состояния воды. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
27. Двухкомпонентные системы. Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса – Коновалова. Азеотропные смеси.
28. Мембранное равновесие. Осмотическое давление. Криоскопия, эбуллиоскопия.
29. Адсорбция. Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Динамический характер адсорбционного равновесия. Изотермы и изобары адсорбции. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Лэнгмюра.
30. Хроматография, различные ее типы (газовая, жидкостная, противоточная и др.).
31. Растворы электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса. Недостатки. Энергия кристаллической решетки. Энергия сольватации. Уравнения Борна. Цикл Борна-Габера. Причины образования и устойчивости ионных систем. Ион-дипольное взаимодействие.
32. Ион-ионное взаимодействие. Термодинамическое описание. Средняя активность, средний коэффициент активности электролитов.
33. Электростатическая теория сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Основные положения. Первое, второе, третье приближения теории Дебая - Хюккеля. Применение к слабым электролитам.
34. Процессы переноса в растворах электролитов. Электропроводность растворов электролитов. Закон Кольрауша о независимом движении ионов. Предельная подвижность ионов. Правило Вальдена – Писаржевского.
35. Теория электропроводности Дебая – Онзагера. Электрофоретический и релаксационный эффекты.
36. Гальванический элемент. Понятие электродного потенциала. Уравнение Нернста. Классификация электрохимических цепей и электродных систем.
37. Концентрационный элемент с переносом. Диффузионный потенциал.

38. Химические источники тока, их виды. Электрохимическая коррозия. Методы защиты от коррозии.
39. Электролиз. Закон Фарадея. Полярография.
40. Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость реакции. Основной постулат химической кинетики. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции.
41. Феноменологическая кинетика химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций.
42. Цепные реакции. Кинетика неразветвленных и разветвленных цепных реакций. Кинетические особенности разветвленных цепных реакций.
43. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения.
44. Элементарные акты химических реакций и физический смысл энергии активации. Термический и нетермические пути активации молекул. Обмен энергией при столкновениях молекул. Теория активных столкновений. Расчет предэкспоненциального множителя по молекулярным постоянным. Стерический фактор.
45. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Поверхность потенциальной энергии. Путь и координата реакции. Энергия и энтропия активации.
46. Фотохимические и радиационно-химические реакции. Элементарные фотохимические процессы. Изменение физических и химических свойств молекул при электронном возбуждении. Квантовый выход.
47. Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе.
48. Кинетика гомогенных каталитических реакций. Кислотно-основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ. Катализ металлокомплексными соединениями.
49. Ферментативный катализ. Уравнение Михаэлиса–Ментен. Адсорбционные и каталитические центры ферментов. Активность и субстратная селективность ферментов.
50. Гетерогенный катализ. Селективность катализаторов. Роль адсорбции в гетерогенных каталитических реакциях.