

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН



А.А. Шпедт

2026г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Химические науки»

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по группе научных специальностей 1.4 – Химические науки

Красноярск 2026

1 Общие положения

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Химические науки» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук».

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Химические науки» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2 Форма проведения и содержание вступительного испытания

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме.

Содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Химические науки» состоит из разделов, соответствующих научным специальностям, входящих в группу научных специальностей:

1.4 – Химические науки :

- 1.4.4 – Физическая химия (Приложение 1);
- 1.4.6 – Электрохимия (Приложение 2).

Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса, входящих в один раздел, соответствующий научной специальности поступающего в Аспирантуру ФИЦ КНЦ СО РАН.

3 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован,

		приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетвори- тельный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа. Фрагментарные, поверхностные знания материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.
0 – 19 баллов	Ответ неудовлетвори- тельный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определено и последовательно излагать ответ.

4 Список литературы

Список литературы для подготовки к вступительному испытанию по специальной дисциплине «Химические науки» представлен в Приложениях 1 – 2 к настоящей Программе, рекомендованный для каждой научной специальности.

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



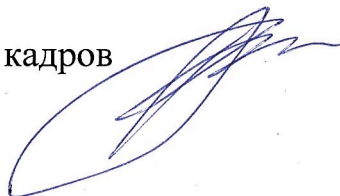
О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА**программы вступительного испытания по специальной дисциплине
«Химические науки» по научной специальности****1.4.4 – Физическая химия****Раздел 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

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

1.3. Межмолекулярные взаимодействия

Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Кластеры атомов и молекул. Во- дородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

1.4. Строение 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.

1.5. Поверхность конденсированных фаз

Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

Раздел 2. Химическая термодинамика**2.1. Основные понятия и законы термодинамики**

Основные понятия термодинамики: изолированные и открытые системы, равновесные и неравновесные системы, термодинамические переменные, температура. Уравнения состояния.

2.2. 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.

2.3. Второй закон термодинамики.

Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Химическое равновесие. Закон действующих масс. Различные шкалы температур.

2.4. Растворы. Фазовые равновесия

Различные типы растворов. Способы выражения состава растворов. Давление насыщенного пара жидких растворов. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы.

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, их характеристики. Десорбция. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Лэнгмюра. Адсорбция из растворов. Уравнение Брунауэра - Эммета - Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента. Поверхность раздела фаз. Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение.

Раздел 3. Кинетика химических реакций

3.1. *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.

3.2. *Феноменологическая кинетика сложных химических реакций.*

Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения.

3.3. *Различные типы химических реакций.*

Мономолекулярные реакции в газах, схема Линдемана – Христиансена. Теория Рейса-Ратснерма-Касселя-Маркуса. Бимолекулярные и тримолекулярные реакции, зависимость предэкспоненциального множителя от температуры. Реакции в растворах, влияние растворителя и заряда реагирующих частиц. Клеточный эффект и сольватация.

3.4. *Электрохимические реакции.*

Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. 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.

Раздел 4. Катализ

4.1. *Классификация каталитических реакций и катализаторов.*

Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического соответствия.

4.2. *Гомогенный катализ.*

Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. 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.

4.3. 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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Электронное строение атомов и молекул. Одноэлектронное приближение. Атомные и молекулярные орбитали. Электронные конфигурации и термы атомов. Правило Хунда. Электронная плотность. Распределение электронной плотности в двухатомных молекулах. Корреляционные орбитальные диаграммы. Теорема Купманса. Пределы применимости одноэлектронного приближения.

2. Основные составляющие межмолекулярных взаимодействий. Молекулярные комплексы. Ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Кластеры атомов и молекул. Водородная связь. Супермолекулы и супрамолекулярная химия.

3. Идеальные кристаллы. Кристаллическая решетка и кристаллическая структура. Реальные кристаллы. Типы дефектов в реальных кристаллах. Кристаллы с неполной упорядоченностью. Доменные структуры.

4. Симметрия кристаллов. Кристаллографические точечные группы симметрии, типы решеток, сингонии. Понятие о пространственных группах кристаллов. Индексы кристаллографических граней.

5. Потенциальные кривые и поверхности потенциальной энергии. Их общая структура и различные типы. Равновесные конфигурации молекул. Структурная изомерия. Оптические изомеры.

6. Особенности строения поверхности кристаллов и жидкостей, структура границы раздела конденсированных фаз. Молекулы и кластеры на поверхности. Структура адсорбционных слоев.

7. 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.

8. Основные понятия химической кинетики. Простые и сложные реакции, молекулярность и скорость простой реакции. Основной постулат химической кинетики.

9. Способы определения скорости реакции. Кинетические кривые. Кинетические уравнения. Константа скорости и порядок реакции. Реакции

переменного порядка.

10. Феноменологическая кинетика сложных химических реакций. Принцип независимости элементарных стадий. Кинетические уравнения для обратимых, параллельных и последовательных реакций.

11. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и способы ее определения.

12. Первый закон термодинамики. Теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия, теплоемкость. Закон Гесса.

13. 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.

14. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее изменения в обратимых и необратимых процессах. Теорема Карно-Клаузиуса. Различные шкалы температур.

15. Однокомпонентные системы. Диаграммы состояния воды, серы, фосфора и углерода. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса.

16. Двухкомпонентные системы. Различные диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Равновесие жидкость - пар в двухкомпонентных системах. Законы Гиббса - Коновалова. Азеотропные смеси.

17. Гетерогенные системы. Понятия компонента, фазы, степени свободы. Правило фаз Гиббса.

18. 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.

19. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Работа и теплота химического процесса. Химические потенциалы.

20. Адсорбция. Адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Структура поверхности и пористость адсорбента. Локализованная и делокализованная адсорбция. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Динамический характер адсорбционного равновесия.

21. Изотермы и изобары адсорбции, их характеристики. Десорбция. Уравнение Генри. Константа адсорбционного равновесия. Уравнение Лэнгмюра.

22. Адсорбция из растворов. Уравнение Брунауэра - Эмета - Теллера (БЭТ) для полимолекулярной адсорбции. Определение площади поверхности адсорбента.

23. Электрохимические реакции. Двойной электрический слой. Модельные представления о структуре двойного электрического слоя. Теория Гуи - Чапмена - Грэма.

24. Классификация каталитических реакций и катализаторов. Теория промежуточных соединений в катализе, принцип энергетического

соответствия.

25. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа.

26. Кинетика и механизм реакций общего кислотного катализа. Уравнение Бренстеда. Корреляционные уравнения для энергий активации и теплот реакций.

27. Специфический и общий основной катализ. Нуклеофильный и электрофильный катализ.

28. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Удельная и атомная активность. Селективность катализаторов.

29. Роль адсорбции в кинетике гетерогенных каталитических реакций. Неоднородность поверхности катализаторов, нанесенные катализаторы. Энергия активации гетерогенных каталитических реакций.

30. Современные теории функционирования гетерогенных катализаторов.

31. Основные промышленные каталитические процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев, Алексей Петрович. Физическая и коллоидная химия [Текст] / А. П. Беляев, В. И. Кучук ; под ред. А. П. Беляева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 751 с.
2. Боруцкий П. Н. Каталитические процессы получения углеводов разветвленного строения : изомерия и катализ синтеза углеводов разветвленного строения [Текст] / П. Н. Боруцкий. - СПб. : Профессинал, 2010. - 726 с.
3. Быков, Валерий Иванович. Нелинейные модели химической кинетики [Текст] / В. И. Быков, С. Б. Цыбенова. - М. : Красанд, 2011. - 396 с.
4. Введенский, Вадим Юрьевич. Экспериментальные методы физического материаловедения [Текст] / В. Ю. Введенский, А. С. Лилеев, А. С. Перминов ; Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС". - Москва : МИСИС, 2011. - 309 с.
5. Вигдорович В. И. Электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых спиртовых и водно-спиртовых средах / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганова. - М. : Радиотехника, 2009. - 327 с.
6. Гельман, Ганс Густавович. Квантовая химия [Текст] / Г. Гельман ; с предисл. и коммент. А. Л. Чугреева и доп. Г. Гельмана мл. - 2-е изд., доп. - Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 533 с.
7. Грибов Л. А. Элементы квантовой теории строения и свойств молекул [Текст] / Л. А. Грибов. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 310 с.
8. Де Векки, Андрей Васильевич. Катализ. Теория и практика [Текст] / А. В. Де Векки. - СПб. : НПО "Профессинал", 2010. - 501 с.
9. Иванов-Шиц, Алексей Кириллович. Ионика твердого тела : В 2-х томах. Т. 2 [Текст] / А.К. Иванов-Шиц, И.В. Мушин ; Санкт-Петербург. гос. ун-т, Рос.

- акад. наук, Ин-т кристаллографии. - СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2010. - 999 с.
10. Карапетьянц, Михаил Христофорович. Примеры и задачи по химической термодинамике [Текст] / М. Х. Карапетьянц. - Изд. 5-е. - Москва : URSS ; Москва : Либроком, 2012. - 301 с.
 11. Каржавин, Владимир Константинович. Термодинамические величины химических элементов и соединений [Текст] / В. К. Каржавин ; Рос. акад. наук, Кол. науч. центр, Геол. ин-т. - Апатиты : КНЦ РАН, 2011. - 160 с.
 12. Киселев М. Г. Теоретические и экспериментальные методы химии растворов [Текст] / Киселев М. Г., С. Ю. Носков, Ю. П. Пуховский и др.; отв. ред. А. Ю. Цивадзе ; Рос. акад. наук, Ин-т химии растворов. - Москва : Проспект, 2011. - 683 с.
 13. Кокотов, Юрий Абрамович. Химический потенциал [Текст] / Ю. А. Кокотов Санкт-Петербург : Нестор-История, 2010. - 412 с.
 14. Кук Д. Квантовая теория молекулярных систем. Единый подход [Текст] / Д. Кук ; пер. с англ. Б. К. Новосадова. - Долгопрудный : Интеллект, 2012. - 255 с.
 15. Лейкин, Юрий Алексеевич. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Текст] / Ю. А. Лейкин. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 413 с.
 16. Лилич Л. С. Растворы как химические системы : донорно-акцепторные реакции в растворах [Текст] / Л. С. Лилич, М. К. Хрипун ; Санкт-Петербургский государственный университет. - 2-е изд. - СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2010. - 251 с.
 17. Пригожин И. Химическая термодинамика [Текст] / И. Пригожин, Р. Дефэй ; пер. с англ. В. А. Михайлов. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 533 с. - Пер.изд.: Chemical Thermodynamics / Prigogine I., Defay R. - Библиогр.: с. 472-475.
 18. Прокофьев, Валерий Юрьевич. Основы физико-химической механики экструдированных катализаторов и сорбентов [Текст] / В. Ю. Прокофьев, П. Б. Разговоров, А. П. Ильин ; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - М.:КРАСАНД, 2013. - 314 с.
 19. Соболев, Владимир Андреевич. Редукция моделей и критические явления в макрокинетике [Текст] / В. А. Соболев, Е. А. Щепаккина. - Москва : Физматлит, 2010. - 319 с.
 20. Уманский С. Я. Теория элементарных химических реакций [Текст] / С. Я. Уманский. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 407 с.
 21. Урьев Н. Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов: фундаментальные аспекты, технологические приложения [Текст] / Н. Б. Урьев. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 231 с.
 22. Урьев Н. Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов: фундаментальные аспекты, технологические приложения [Текст] / Н. Б. Урьев. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 231 с.
 23. Фенелонов, Владимир Борисович. Адсорбционно-капиллярные явления и пористая структура катализаторов [Текст] / В. Б. Фенелонов, М. С.

- Мельгунов ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Фак. естеств. наук. - Новосибирск : НГУ, 2010. - 188 с.
24. Цивадзе А. Ю. Физическая химия адсорбционных явлений [Текст] / Цивадзе А. Ю., Русанов А. И., Фомкин А. А. и др.; Рос. акад. наук, Отд-ние химии и наук о материалах, Науч. совет РАН по физ. химии, Ин-т физ. химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН. - Москва : Граница, 2011. - 301 с.
25. Цивадзе А.Ю. Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : [Текст] / Под ред. А.Ю. Цивадзе - М. : Граница, 2011. - 489 с.
26. Цирельсон В. Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и тела [Текст] / В. Г. Цирельсон. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 495 с.
27. Шутилин, Юрий Федорович. Физикохимия полимеров [Текст] / Ю. Ф. Шутилин. - Воронеж : Воронежская обл. типография, 2012. - 838 с.
28. Ярославцев А. Б. Химия твердого тела / А. Б. Ярославцев. - М. : Научный мир, 2009. - 327 с.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА**программы вступительного испытания по Специальной дисциплине
«Химические науки» по научной специальности****1.4.6 – Электрохимия****Равновесные явления в растворах электролитов**

Ион-дипольное взаимодействие в растворах электролитов. Сольватация и гидратация. Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов

Недостатки теории электролитической диссоциации Аррениуса. Энергия кристаллической решетки и ее расчет. Причины недостатков теории. Теплоты сольватации (гидратации), ионофоры и ионогены. Теплоты гидратации ионов экспериментальные, реальные и химические. Модельные методы расчета энергии гидратации ионов (модель Борна; метод Ван-Аркеля и де-Бура; метод Бернала и Фаулера). Определение реальных энергий гидратации ионов. Энтропия сольватации ионов. Состояние ионов в растворе. Ионная атмосфера. Теория электролитов Дебая и Гюккеля: исходные положения, вывод предельного закона Дебая и Гюккеля, сопоставление теории с опытом, дальнейшее развитие теории.

Неравновесные явления в растворах электролитов

Электропроводность растворов электролитов. Теоретическая интерпретация электропроводности. Диффузия в растворах электролитов

Основные понятия. Удельная и эквивалентная электропроводность, зависимость электропроводности от концентрации и природы растворителя. Подвижность ионов, зависимость подвижности от природы ионов и температуры. Формула Стокса. Законы Кольрауша. Теории электропроводности: гидродинамическая; Дебая – Онзагера; кинетическая; прототропная. Стоксовы радиусы. Электрофоретический и релаксационный эффекты; эффекты Вина и Дебая – Фалькенгагена. Электропроводность неводных растворов электролитов. Общая характеристика неравновесных явлений в растворах электролитов. Стационарная молекулярная диффузия, Уравнения Эйнштейна – Смолуховского и Нернста – Эйнштейна; первый закон Фика. Нестационарная молекулярная диффузия, второй закон Фика. Диффузионный потенциал и его расчет. Опытные данные о диффузионных потенциалах.

Равновесные электродные процессы

Величины, характеризующие энергетическое состояние заряженных частиц. Природа ЭДС и электродного потенциала

Электрохимический, внутренний, внешний, поверхностный и реальный потенциалы, работа выхода частиц. Гальвани- и Вольта-потенциалы. Примеры установления электрохимического равновесия на границе раздела фаз. ЭДС как сумма гальвани- и вольта-потенциалов. Физическая и химическая теории возникновения ЭДС. Гальвани-потенциал на границе двух металлов.

Гальвани-потенциал на границе металл-раствор (осмотическая теория Нернста; сольватационная теория и ее развитие).

Классификация электродов. Классификация электрохимических цепей

Электроды 1-го, 2-го, 3-го рода, газовые, амальгамные и редокси-электроды (определение, схема электрода и электродная реакция, выражение для потенциала электрода и его анализ). Применение электродов. Принципы классификации электрохимических цепей. Физические цепи (гравитационные, аллотропические); концентрационные цепи 1-го и 2-го рода; химические цепи (простые, сложные, сдвоенные). Аккумуляторы (кислотный свинцовый, щелочные), теория, характеристики.

Электрокинетические и электрокапиллярные явления.

Электрокапиллярные явления. Потенциал нулевого заряда

Общая характеристика электрокинетических и электрокапиллярных явлений. Электрокинетический (дзета-) потенциал. Адсорбция, поверхностный избыток. Электрокапиллярные кривые на ртути, их описание и теоретическая интерпретация. Основы теории электрокапиллярных явлений; первое и второе уравнения Липпмана, дифференциальная и интегральная емкость, изотерма адсорбции Гиббса. Потенциалы нулевого заряда и нулевые точки металлов.

Строение двойного электрического слоя (ДЭС). Современные представления о строении ДЭС

Теории двойного электрического слоя: теория Гельмгольца, теория Гуи – Чапмена, теория Штерна, модель Грэма. Современные модельные представления о ДЭС в растворах поверхностно-неактивных электролитов. ДЭС при специфической адсорбции ионов. ДЭС при адсорбции органических соединений на электродах.

Кинетика электродных процессов

Неравновесные электродные процессы. Поляризация электродов.

Перенапряжение. Концентрационная поляризация

Признаки равновесного и неравновесного состояния электрода. Плотность тока как мера скорости электрохимической реакции. Электродная поляризация. Перенапряжение и его виды. Задачи электрохимической кинетики. Понятие о диффузионном перенапряжении. Теория диффузионного перенапряжения без учета конвекции, диффузионный слой, предельная плотность тока. Теория диффузионного перенапряжения с учетом конвекции, слой Прандтля, некоторые практически важные случаи конвективной диффузии. Значение диффузионного перенапряжения для электрохимических процессов.

Реакционное (химическое) перенапряжение. Фазовое перенапряжение

Общая характеристика реакционного перенапряжения. Основы теории реакционного перенапряжения. Реакционное перенапряжение гомогенных и гетерогенных реакций. Общая характеристика фазовых превращений. Зарождение новой фазы. Развитие кристаллической фазы. Теория Фольмера, кристаллохимическая теория электрокристаллизации, роль микроструктуры и дефектов поверхности, роль явлений дегидратации в процессе катодного

выделения металлов. Особенности катодного образования поликристаллических осадков; структура роста, текстура, характер осадка

Электрохимическое выделение металлов. Анодное растворение металлов. Пассивность

Общая характеристика процесса. Дофазовое осаждение. Роль природы металла и состава раствора в процессе катодного выделения металлов. Природа металлического перенапряжения. Общая характеристика процесса. Пассивность металлов: анодная поляризационная кривая и ее характерные точки и участки, теории пассивности. Питтингообразование.

Электрохимическое перенапряжение (основы теории). Электрохимическое перенапряжение с учетом строения ДЭС. Теория Фрумкина

Понятие об электрохимической стадии. Основы теории электрохимического перенапряжения (теория Эрдей-Груза и Фольмера). Теория электрохимического перенапряжения, учитывающая структуру двойного электрического слоя (теория Фрумкина). Влияние состава раствора на перенапряжение. Приложение общих уравнений электрохимического перенапряжения к наиболее распространенным электродным реакциям. Стадийность электрохимического акта.

Основные кинетические характеристики электрохимической стадии. Кинетика электролитического выделения водорода

Ток обмена и коэффициент переноса, порядок электрохимических реакций и стехиометрические числа. Наложение концентрационной поляризации на электрохимическое перенапряжение. Общая характеристика процесса, зависимость перенапряжения водорода от плотности тока, материала электрода, состава раствора, температуры и других факторов.

Природа водородного перенапряжения. Механизм элементарного электрохимического акта

Возможные стадии и пути протекания процесса катодного выделения водорода. Теория замедленной рекомбинации (теория Тафеля). Теория замедленной электрохимической десорбции (теория Гейровского – Гориучи). Природа водородного перенапряжения на различных металлах. История развития взглядов на природу процесса и современные представления о нем. Безбарьерный и безактивационный разряд.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

- 1 Предмет электрохимии. Отличие электрохимических процессов от химических, особенности электрохимической реакции. Электрохимическая система и ее составные части.
- 2 Термодинамика гальванического элемента.
- 3 Недостатки теории электролитической диссоциации Аррениуса. Энергия решетки, ее расчет. Теплоты сольватации. Экспериментальные теплоты гидратации. Теплоты гидратации ионов реальные и химические.
- 4 Модельные методы расчета энергии гидратации ионов.

- 5 Определение реальных энергий гидратации ионов. Энтропия сольватации ионов. Число сольватации.
- 6 Теория электролитов Дебая и Гюккеля: вывод выражения для потенциала ионной атмосферы, уравнение для среднего ионного коэффициента активности в первом приближении теории.
- 7 Теория электролитов Дебая и Гюккеля: сопоставление теории с опытом, дальнейшее развитие теории.
- 8 Электропроводность растворов электролитов удельная и эквивалентная, зависимость от концентрации электролита, температуры и природы растворителя.
- 9 Подвижность ионов. Зависимость подвижности от природы иона и от температуры.
- 10 Гидродинамическая теория электропроводности электролитов.
- 11 Теория электропроводности Дебая – Онзагера. Эффект Вина и дисперсия электропроводности.
- 12 Кинетическая теория электропроводности. Прототропная теория электропроводности растворов кислот и оснований.
- 13 Электропроводность неводных растворов электролитов.
- 14 Стационарная молекулярная диффузия в растворах электролитов.
- 15 Нестационарная молекулярная диффузия. Диффузионный потенциал.
- 16 Величины, характеризующие энергетическое состояние заряженных частиц. Межфазные скачки потенциалов.
- 17 Гальвани-потенциал. Вольта-потенциал. ЭДС как сумма гальвани-потенциалов и вольта-потенциалов.
- 18 Теория возникновения электродного потенциала и ЭДС. Гальвани-потенциал на границе двух металлов.
- 19 Гальвани-потенциал на границе металл-раствор: осмотическая теория Нернста, сольватационная теория электродного потенциала.
- 20 Классификация электродов. Электроды первого и второго рода, газовые электроды.
- 21 Классификация электродов. Амальгамные электроды, окислительно-восстановительные электроды.
- 22 Классификация электрохимических цепей. Физические цепи, концентрационные цепи.
- 23 Классификация электрохимических цепей. Химические цепи.
- 24 Аккумуляторы.
- 25 Электрокинетические явления. Дзета-потенциал, его отличие от электродного потенциала.
- 26 Электрокапиллярные явления. Электрокапиллярные кривые в растворах различного состава, их интерпретация.
- 27 Основы теории электрокапиллярных явлений. Дифференциальная емкость. 1-е и 2-е уравнение Липпмана. Потенциалы нулевого заряда и нулевые точки металлов.
- 28 Строение ДЭС на границе металл – раствор: теория Гельмгольца, теория Гуи – Чапмана.

- 29 Структура ДЭС на границе металл – раствор: теория Штерна, дальнейшее развитие теории строения ДЭС.
- 30 Неравновесные электродные процессы. Скорость электрохимической реакции. ЭДС поляризации. Электродная поляризация и ее виды. Перенапряжение.
- 31 Понятие о диффузионном перенапряжении. Теория диффузионного перенапряжения без учета конвекции.
- 32 Теория диффузионного перенапряжения с учетом конвективной диффузии. Значение явлений диффузионного перенапряжения для электрохимических процессов.
- 33 Общая характеристика реакционного (химического) перенапряжения.
- 34 Фазовое перенапряжение: общая характеристика фазовых превращений, фазовые превращения в электрохимических процессах (зарождение и развитие кристаллической фазы, кристаллохимическая теория электрокристаллизации).
- 35 Роль микроструктуры и дефектов поверхности, роль явлений дегидратации в процессах катодного выделения металлов. Характеристики катодных осадков.
- 36 Понятие об электрохимической стадии. Основы теории электрохимического перенапряжения.
- 37 Теория электрохимического перенапряжения, учитывающая структуру ДЭС.
- 38 Приложение общих уравнений электрохимического перенапряжения к наиболее распространенным электродным реакциям. Стадийность электрохимического акта.
- 39 Основные кинетические характеристики электрохимической стадии: ток обмена и коэффициент переноса.
- 40 Порядок электрохимической реакции и стехиометрические числа. Природа элементарного электрохимического акта.
- 41 Кинетика электролитического выделения водорода: общая характеристика процесса, зависимость перенапряжения водорода от плотности тока, материала электрода, природы и состава раствора, температуры и др. факторов.
- 42 Возможные стадии и пути протекания процесса катодного выделения водорода. Природа водородного перенапряжения на различных металлах.
- 43 Электрохимическое выделение металлов: общая характеристика процесса, влияние различных факторов на процессы катодного выделения металлов (роль природы металла, состава раствора). Природа металлического перенапряжения.
- 44 Анодное растворение металлов: общая характеристика процесса.
- 45 Пассивность металлов: анализ анодной поляризационной кривой, теории пассивности, питтинг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Электрохимия. Методика исследования кинетики электродных процессов: учебное пособие для вузов / В. М. Рудой, Т. Н. Останина, И. Б. Мурашова, А. Б. Даринцева. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 111 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5- 534-10913-9 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-0915-3 (Изд-во Урал. ун-та). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/432228>
- 2 Лукомский Ю. Я., Гамбург Ю. Д. Физико-химические основы электрохимии: учебник для химических и химико-технологических специальностей университетов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. — М.: Интеллект, 2008, ISBN 978-5-91559-007-5. — Библиогр. в конце частей. — Предм. указ.: с. 421-423
- 3 Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия: учебник по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. — Москва: Химия, 2008, ISBN 978-5-98109-064-6. — Библиогр.: с. 659-665.
- 4 Дамаскин Б. Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику: учеб. пособие для хим. спец. ун-тов / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. — М.: Высш. школа, 1983. — 400. — Библиогр. в конце разд.. — Предм. указ.: с. 395-398
- 5 Электрохимия / Ф. Миомандр [и др.]; пер. с фр. В. Н. Грасевича под ред. Е. Д. Гамбурга, В. А. Сафонова. — М.: Техносфера, 2008. — 359 с
- 6 Электроаналитические методы. Теория и практика / под ред. Ф. Шольца; пер. с англ. под ред. В. Н. Майстренко. — М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. — 326 с.
- 7 Электрохимия / А. В. Чуриков, И. А. Казаринов; Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского, Ин-т химии. — Саратов: [б. и.], 2008. — 279 с.
- 8 Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 513 с.
- 9 Ролдугин В. И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. 568 с.
- 10 Корята И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия. М.: Мир, 1977.
- 11 Кришталик Л. И. Электродные процессы. Механизм элементарного акта. М.: Наука, 1979.
- 12 Прикладная электрохимия / Под ред. А. Л. Ротиняна, 3-е изд. Л.: Химия, 1974.
- 13 Прикладная электрохимия / Под ред. Н. Т. Кудрявцева, 2-е изд. М., 1975.
- 14 Робинсон Р., Стокс Р. Растворы электролитов. М.: ИЛ, 1963.
- 15 Феттер К. Электрохимическая кинетика. М.: Химия, 1967.
- 16 Фрумкин А. Н. Потенциалы нулевого заряда. М.: Наука, 1982.