

## Программа кандидатского экзамена по научной специальности

### «1.4.6 Электрохимия»

#### 1. Вопросы кандидатского экзамена

1. Термодинамическая возможность химических реакций. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных химических реакций.
2. Адсорбция на однородных и неоднородных поверхностях, основные типы изотерм.
3. Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы. Различные типы равновесных потенциалов.
4. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Водородный и кислородный электроды.
5. Термодинамическая оценка возможности электрохимических реакций, включая анодное растворение и катодное осаждение металлов.
6. Двойной слой на границе электрод–раствор. Процессы заряжения и разряда двойного слоя, фарадеевские процессы.
7. Принцип независимости электрохимических реакций. Ток обмена. Замедленная стадия электродного процесса, различные виды замедленных стадий.
8. Перенапряжение. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Тафеля.
9. Массоперенос в электродных процессах. Диффузионный слой. Скорость реакций с замедленной диффузионной стадией.
10. Учет миграции и конвекции. Основные особенности кинетики и механизма катодного восстановления кислорода и влияние на них природы металла.
11. Определение скорости электродного процесса по току поляризации. Электродная поляризация и перенапряжение.
12. Гальванические и потенциостатические методы получения поляризационных кривых.
13. Истинные зависимости скорости процесса от потенциала и поляризационные кривые.

14. Теоретические основы анодного растворения и катодного осаждения металлов и сплавов. Классификация, сравнительная характеристика водных, неводных электролитов, расплавов.
15. Характеристика скоростьопределяющих стадий, виды перенапряжений. Природа металлического перенапряжения.
16. Критерии стадийности электродных процессов. Анодное растворение и пассивность металлов.
17. Влияние на кинетику анодного и катодного процессов природы растворителя, рН, комплексообразования, присутствия ПАВ, температуры, гидродинамического режима, стационарных и нестационарных токовых нагрузок.
18. Механизм процесса электрокристаллизации металлов. Теория образования зародышей новой фазы.
19. Образование и рост кристаллических зародышей, двухмерные и трехмерные зародыши.
20. Структура металлов и роль дислокаций и поверхностной диффузии в процессах электрокристаллизации.
21. Условия образования поликристаллических осадков. Влияние основных факторов: состава электролитов, режима электролиза на структуру электролитических осадков.
22. Основные закономерности совместного разряда ионов металлов и водорода. Теория совместного разряда ионов основного металла и примесей при разных лимитирующих стадиях разряда обоих компонентов.
23. Совместный разряд ионов двух металлов с соизмеримыми скоростями.
24. Электрокристаллизация сплавов. Влияние состава электролита и условий электролиза на химический состав сплавов. Структура и физико-химические свойства сплавов.
25. Классификация и области применения гальванических покрытий.
26. Характеристика и методы оценки состояния поверхности перед нанесением покрытия.
27. Изменение микрорельефа и физико-химических свойств поверхности при проведении механической, химической и электрохимической предварительной обработки поверхности.
28. Механические методы подготовки поверхности перед нанесением гальванических покрытий.

29. Химическая и электрохимическая подготовка поверхности. Химическое обезжиривание в органических растворителях, щелочных растворах, моющих средствах, эмульсиях.
30. Травление и активация поверхности металлов, сплавов перед нанесением покрытий.
31. Совмещенное обезжиривание и травление. Специальные методы травления. Пассивирование поверхности перед нанесением покрытия.
32. Химическое и электрохимическое полирование. Механизм процессов химического и электрохимического полирования.
33. Изменение микрорельефа поверхности при электрохимическом полировании.
34. Распределение металла на поверхности катода. Макро- и микрорассеивающая способность электролитов.
35. Распределение тока и металла на катодной поверхности. Методы изучения распределения тока и металла.
36. Влияние катодной и анодной поляризуемости на распределение тока, металла.
37. Влияние электропроводимости, формы ячейки и электродов на равномерность распределения тока. Мера рассеивающей способности по току и металлу. Выравнивание поверхности.
38. Микрорассеивание. Механизм действия выравнивающих добавок. Факторы, влияющие на микрорассеивающую способность. Количественные способы оценки выравнивающей способности.
39. Композиционные и многослойные покрытия. Свойства и области применения композиционных и многослойных покрытий.
40. Покрытия хромом и его сплавами. Виды, свойства и области применения хромовых покрытий. Механизм катодного восстановления хрома. Характеристика анодного процесса. Состав электролитов и режимы хромирования.
41. Электролитическое осаждение металлов группы железа. Свойства и применение покрытий. Механизм электродных процессов.
42. Влияние параметров электролиза на качество катодных осадков. Вредные примеси. Матовое, блестящее, двух-, трехслойное никелирование. Получение сил-никелевых покрытий.
43. Заключительная обработка никелевых покрытий. Электроосаждение кобальта. Электродные процессы. Электролитическое осаждение

- железа. Электродные процессы. Виды электролитов. Покрытия сплавами на основе металлов группы железа.
44. Цинкование. Кадмирование. Свойства и области применения. Сравнительная характеристика электролитов, процессов кадмирования и цинкования. Электродные процессы. Цинкование с растворимыми и нерастворимыми анодами. Слабокислые, щелочные, цианистые, пирофосфатные электролиты цинкования. Заключительная обработка цинковых, кадмиевых покрытий.
  45. Лужение и свинцевание. Характеристика оловянных покрытий. Электродные процессы. Кислые и щелочные электролиты. Электролитическое свинцевание. Покрытия сплавами на основе олова.
  46. Серебрение, золочение. Свойства и области применения серебряных, золотых покрытий. Цианистый, нецианистый электролиты: железистосинеродистый, синеродистороданистый, роданистый, пирофосфатный, йодистый и др.
  47. Электролитическое осаждение металлов платиновой группы. Электродные процессы, технологические особенности.
  48. Гальваническое покрытие изделий из легких металлов, сплавов. Алюминий, цинк, магний, титан и их сплавы. Характеристика подготовительных и заключительных операций. Области использования.
  49. Анодно-оксидные, оксидные и фосфатные покрытия. Оксидирование стали, алюминия и его сплавов, меди, цинка, титана, хрома.
  50. Свойства электролитов и механизм образования анодно-оксидных покрытий на металлах и сплавах.
  51. Особые случаи анодирования алюминия и его сплавов. Эматалирование. Химическое и электрохимическое окрашивание. Наполнение.
  52. Химическое, электрохимическое фосфатирование черных и цветных металлов. Свойства фосфатирующих растворов, электролитов. Наполнение пленок.
  53. Химические методы осаждения металлов. Механизм процессов химического восстановления металлов группы железа, меди, драгоценных металлов. Технологические особенности.
  54. Электролитическое формирование и гальванопластика Модели для осаждения металлических осадков и методы их изготовления. Электролиты. Оборудование и техническая оснастка.

55. Производство печатных плат. Способы производства печатных плат. Способы изготовления многослойных печатных плат.
56. Способы создания защитного рельефа: офсетная печать, фотопечать, трафаретная печать. Сравнительная характеристика этих методов.
57. Химическое осаждение меди. Общие принципы химического восстановления меди. Механизмы: химический и электрохимический, сопряженные реакции восстановления.
58. Электрохимическая металлизация. Гальваническое меднение. Регенерация и очистка электролитов гальванического меднения.
59. Защитное покрытие металлорезистом. Требования и назначение металлорезиста. Состав и диаграмма состояния сплава олово–свинец. Условия электроосаждения сплава олово–свинец. Осветление и оплавление покрытия олово–свинец. Осаждение сплава олово–никель. Снятие металлорезиста.
60. Покрытия концевых контактов печатных плат. Травление меди с пробельных участков. Методы контроля качества печатных плат. Определение сопротивления металлизированных отверстий. Металлографический анализ. Испытания печатных плат на паяемость.
61. Характерные особенности процессов электрохимического синтеза, неорганических и органических соединений.
62. Электродный потенциал и селективность процессов электрохимического окисления и восстановления.
63. Электролиз при контролируемом потенциале. Принципы выбора состава раствора, подвергаемого электролизу: электролиз с катализаторами-переносчиками.
64. Электродные материалы. Требования к растворимым и нерастворимым электродным материалам, мало изнашиваемые аноды.
65. Общая характеристика, электрокаталитические и коррозионные свойства. Области применения. Новые способы изготовления МИА.
66. Диафрагмы и мембраны, основные свойства и характеристики.
67. Понятие водородной энергетике. Электрохимическое получение водорода: щелочной и твердополимерный электролит. Высокотемпературный электролиз с твердым электролитом.
68. Электролитическое производство хлора и щелочей. Общие сведения. Механизм катодных и анодных процессов при электролизе хлоридов.

- Процессы, происходящие в объеме раствора, и их влияние на направление электронных реакций.
69. Примеры процессов электросинтеза неорганических веществ: надсерная кислота и ее соли, пербораты, пероксид водорода, кислородные соединения марганца, озон.
  70. Примеры процессов электросинтеза органических соединений: реакции присоединения и замещения, димеризации и конденсации, окисления и восстановления. Электросинтез тетраэтилсвинца.
  71. Гидроэлектрометаллургическое получение металлов. Условия образования на катоде металлических порошков и компактных осадков.
  72. Электрорафинирование меди.
  73. Электролитическое рафинирование металлов группы железа.
  74. Электролитическое получение цинка, свинца, олова, марганца, хрома, благородных металлов.
  75. Электролитическое получение щелочных, щелочно-земельных металлов.
  76. Получение алюминия электролизом расплавов.
  77. Производство магния.
  78. Электролитическое получение металлических порошков.
  79. Основные типы гальванических элементов.
  80. Сухие гальванические элементы. Типы и конструкции сухих гальванических элементов.
  81. Наливные и резервные гальванические элементы.
  82. Топливные элементы. Классификация топливных элементов. Перспективы их применения.
  83. Свинцовые аккумуляторы. Реакции токообразования. Электрические характеристики.
  84. Комплексная переработка отработанных свинцовых аккумуляторов с получением свинцового порошка и сернокислого раствора.
  85. Щелочные аккумуляторы. Кадмий-никелевые и железо-никелевые аккумуляторы. Электрические характеристики. Герметичные аккумуляторы. Устройство аккумуляторов.
  86. Цинк-никелевые и цинк-серебряные аккумуляторы. Электрические характеристики и устройство.
  87. Никель-металлгидридные аккумуляторы. Литиевые источники тока.
  88. Топливные элементы и суперконденсаторы.

89. Химический и электрохимический механизм растворения металлов.
90. Электрохимическая коррозия. Понятие о коррозии с водородной и кислородной деполяризацией. Другие возможные окислители в коррозионных процессах.
91. Термодинамическая возможность саморастворения металлов. Диаграммы Пурбе.
92. Анодные процессы при коррозии металлов. Классическая зависимость скорости растворения металлов от потенциала при постоянном состоянии поверхности.
93. Предэкспоненциальный множитель как характеристика состояния поверхности.
94. Обобщенное кинетическое уравнение и кривая анодной поляризации пассивирующегося металла.
95. Стадийный механизм анодного растворения металлов. Кинетика многостадийного процесса растворения при наличии электрохимической и химической стадии.
96. Растворение металлов в растворах электролитов по химическому механизму.
97. Формы проявления пассивности металлов. Окислители-деполяризаторы и окислители-доноры кислорода.
98. Основные способы обеспечения пассивации и самопассивации. Пассивирующие слои (включая солевые).
99. Теории пассивности. Перепассивация.
100. Анионы-активаторы, локальная анодная активизация и питтинговая коррозия металлов.
101. Потенциалы и скорости коррозии при различных сочетаниях хода анодной и катодной поляризационных кривых корродирующего электрода.
102. Идеальные поляризационные кривые и реальные поляризационные кривые.
103. Общие особенности анодного поведения сплавов. Термодинамические основы растворения сплавов.
104. Избирательное растворение сплавов. Понятие о коэффициентах селективности.

105. Механизм объемной диффузии компонентов сплава. Взаимное влияние компонентов корродирующего сплава при растворении и самоформировании его поверхности.
106. Пассивация сплавов и ее обусловленность пассивируемостью компонентов.
107. Случаи стационарного селективного растворения сплавов в пассивном состоянии и особенности формирования пассивной поверхности селективного растворяющегося сплава.
108. Коррозия металлов с водородной деполяризацией. Схема процесса. Характерные особенности коррозии металлов с водородной деполяризацией.
109. Коррозия металлов с кислородной деполяризацией. Схема процесса. Особенности коррозионных процессов с диффузионным контролем.
110. Защита металлов от коррозии в нейтральных электролитах. Смешанная кислородно-водородная деполяризация.
111. Расчет потенциала и скорости электрохимической коррозии по кинетическим уравнениям и поляризационным кривым анодных и катодных реакций.
112. Катодное легирование сплавов.
113. Питтинговая коррозия. Роль анионов. Методы определения склонности металлов к питтинговой коррозии.
114. Межкристаллитная коррозия. Закономерности и механизм. Влияние состава сплава и примесей.
115. Ножевая коррозия металлов. Методы определения устойчивости металлов к межкристаллитной коррозии.
116. Коррозионно-механические разрушения металлов.
117. Коррозионное растрескивание под напряжением. Влияние циклических напряжений.
118. Коррозионная усталость. Кавитационная, эрозионная и фреттинг-коррозия.
119. Водородное охрупчивание. Наводороживание и кинетика разряда ионов водорода.
120. Щелевая коррозия. Коррозия блуждающими токами. Особенности, механизм и методы защиты.



121. Коррозия гетерогенных металлических систем. Условие стационарности.
122. Расчет скорости растворения гетерогенных систем по кинетическим уравнениям.
123. Теория и анализ работы коррозионных элементов.
124. Влияние анодной и катодной поляризации на работу простого коррозионного элемента.
125. Многоэлектродные системы. Расчет многоэлектродных систем. Взаимное влияние металлов в многоэлектродных системах.
126. Контактная коррозия. Макрокоррозионные пары неравномерного доступа окислителя к металлу.
127. Коррозия металлов в природных и промышленных условиях. Атмосферная коррозия металлов. Классификация и механизм атмосферной коррозии металлов.
128. Подземная коррозия металлов. Почва и грунт как коррозионная среда. Механизм и классификация подземной коррозии металлов. Контролирующие стадии, характерные особенности, факторы и кинетика подземной коррозии металлов.
129. Коррозия металлов в расплавах электролитов. Электродные потенциалы в расплавленных электролитах.
130. Механизм и защитные особенности коррозии металлов в расплавленных электролитах. Коррозия металлов в расплавленных металлах. Механизм разрушения. Влияние примесей в жидком металле.
131. Термодинамическая возможность газовой коррозии металлов. Реакционная способность и термодинамическая устойчивость продуктов газовой коррозии металлов. Образование пленки продуктов коррозии. Схема и лимитирующие стадии окисления металлов в газах. Высокотемпературная пассивация.
132. Коррозионно-стойкие сплавы на основе железа. Классификация по составу и структуре. Назначение основных легирующих компонентов и роль примесей.
133. Хромистые стали.
134. Коррозионностойкие чугуны.
135. Аустенитные стали (хромомарганцево-никелевые, хромомарганцевые).

136. Нержавеющие стали повышенной прочности. Сплавы на основе железа и никеля. Двухслойные металлы.
137. Электрохимическая коррозия меди и ее сплавов. Общая и местная коррозия меди и сплавов в электролитах.
138. Электрохимическая коррозия никеля. Диаграмма состояния никель–вода.
139. Алюминий и его сплавы. Электрохимическая коррозия алюминия. Диаграмма состояния алюминий–вода.
140. Титан и его сплавы. Электрохимическая коррозия титана. Диаграмма титан–вода. Пассивируемость титана.
141. Электрохимическая защита. Катодная защита. Принципы и эффективность метода.
142. Коррозия блуждающими токами. Предупреждение возникновения блуждающих токов.
143. Уменьшение содержания деполяризатора в электролитах. Нейтрализация кислых сред. Влияние кристаллизации, осаждения и коагуляции на коррозионные процессы.
144. Коррозия при отложении солей жесткости. Применение ингибиторов коррозии металлов. Классификация ингибиторов, эффективность, механизм действия.
145. Метод поляризационных кривых. Определение замедленной стадии с помощью вращающегося электрода и температурно-кинетическим методом.
146. Определение тока обмена, коэффициентов переноса и числа электронов, участвующих в электрохимической реакции.
147. Применение релаксационных потенциостатических методов для исследования механизма электрохимической реакции.
148. Основной потенциостатический метод. Метод ступенчатого изменения потенциала.
149. Циклический потенциостатический метод.
150. Релаксационные гальваностатические методы. Основной гальваностатический метод. Циклический гальваностатический метод.
151. Двухимпульсный гальваностатический метод.
152. Хронопотенциометрия. Переменноточковые методы. Метод фарадеевского импеданса.

## 2. Учебно - методическое и информационное обеспечение

### 2.1. Литература

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – СПб.: Лань, 2015. – 672 с.
2. Мирзоев Р.А., Давыдов А.Д. Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов. Учеб. пособие. – Москва: Лань, 2016 – 384с.
3. Козадеров, О.А. Современные химические источники тока. / О.А. Козадеров, А.В. Введенский. - СПб.: Лань, 2017. — 132 с.
4. Варенцов, В.К. Электрохимические системы и процессы: уч. пособие / В.К. Варенцов, Н.А. Рогожников, Н.Ф. Уваров; - Новосибирск: НГТУ, 2011. - 102 с
5. Черепанов, В.А. Электрохимические равновесия «электрод - электролит». Гальванические элементы: учебное пособие / В.А. Черепанов. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012. - 114 с.
6. Булидорова Г.В., Галяметдинов Ю.Г., Ярошевская Х.М., Барабанов В.П. Электрохимия и химическая кинетика. Учеб. пособие. – Казань: Изд-во Каз. нац. исслед. технол. ун-та, 2014. – 372 с.
7. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А. Тимонов А.М. Теоретическая электрохимия. – М.: ООО «ТИД «Студент», 2013. – 496с.
8. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – СПб.: Лань, 2015. – 672 с.
9. Киселев М.Г. и др. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: учеб. пособие. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 389 с.
10. Гамбург Ю.Д., Джованни Зангари. Теория и практика электроосаждения металлов. Монография. – БИНОМ: Лаборатория знаний, 2015. – 441 с.
11. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. - 424 с.
12. Кичигин, Владимир Иванович. Импеданс электрохимических и коррозионных систем / Пермский гос. ун-т .— Пермь : Изд-во ПГУ, 2009 .— 238 с.
13. Кайдриков Р.А., Журавлев Б.Л., Исхакова И. О. Метод импедансной спектроскопии в коррозионных исследованиях. Учебное пособие - Казань: Изд-во КНИТУ, 2012.- 95 с.
14. Виноградова С.С., Кайдриков Р.А., Макарова А.Н., Журавлев Б.Л. Физические методы в исследованиях осаждения и коррозии металлов. Учебное пособие. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2014.- 144 с.
15. Кайдриков Р.А., Виноградова С.С., Нуруллина Л.Р, Егорова И.О. Стандартизованные методы коррозионных испытаний. – Казань: Изд-во Казанского государственного технологического ун-та, 2011. – 150 с.
16. Рахимова Д. Ф., Лефтерова О. И., Ившин Я. В. Metalcorrosion. Electroplating. Защита металлов от коррозии. Гальванотехника: учебно-методическое пособие – Казань: КНИТУ, 2013 г. - 151 с.
17. Фатхуллин, А.А.; Кайдриков, Р.А.; Журавлев, Б.Л.; Ткачева, В.Э. Электроизолирующие соединения в системах электрохимической защиты.- Казань: КНИТУ, 2011.- 132 с.

18. Котельников А.В., Кандаев В.А. Блуждающие токи и эксплуатационный контроль коррозионного состояния подземных сооружений систем электроснабжения железнодорожного транспорта: монография - Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2013 г. - 553 с.
19. Попова А.А. Методы защиты от коррозии. Курс лекций – Санкт – Петербург: Изд-во Лань, 2014. – 198 с.
20. Жарский И. М., Куис Д. В., Иванова Н. П. Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования – М.: Высшая школа, 2012. – 304 с.
21. Долгих С.А., Ткачева В.Э., Кайдриков Р.А., Журавлев Б.Л. Катодная защита обсадных колонн нефтяных скважин Учеб. пособие, Казань: КНИТУ, 2014 - 136 с.
22. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высш. шк., 1984.
23. Гальванические покрытия в машиностроении: справочник: в 2 т.; под ред. М.А. Шлугера. М.: Машиностроение, 1985. – 2 т.
24. Багоцкий, В.С. Химические источники тока. / В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
25. Томашов, Н.Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные материалы. / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. – М.: Металлургия, 1986.
26. Жук, Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Металлургия, 1976.
27. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия. 1979. 351 с.
28. Вячеславов, П.М. Электролитические сплавы. Л.: Машиностроение, 1985.
29. Фиошин, М.Я. Электрохимические системы в синтезе химических продуктов. / М.Я. Фиошин, М.Г. Смирнова – М.: Химия, 1985.
30. Якименко, Л.М. Получение водорода, кислорода, хлора и щелочей. – М.: Химия, 1981.
31. Грихлихес, К.И., Тихонов, К.И. Электрохимические и химические покрытия. Теория и практика. - Л. : Химия, 1990.-288 с.
32. Улиг, Г.Г., Ревин, Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. - Л.: Химия, 1989.-455 с.
33. Неверов, А.С., Родченко, Д.А., Цырлин, М.И. Коррозия и защита материалов. – Минск :Вышэйшая школа, 2007.- 222 с.
34. Семенова, Л.В., Флорианович, А.В., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии. – 2 изд. – М. :Физматлит, 2006.- 427 с.

## **2.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»:Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>

4. ЭБС «Znaniium.com»: Режим доступа: <http://znaniium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

Разработчик программы:

Зав. кафедрой ТЭП, профессор



Дресвянников А.Ф.