

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт высокотемпературной электрохимии
Уральского отделения Российской академии наук
(ИВТЭ УрО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

П.А. Архипов

“30” Июля 2022 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру

по научной специальности

1.4.6. Электрохимия

Екатеринбург

2022

Содержание

1. Назначение и область применения.....	3
2. Научная специальность 1.4.6 «Электрохимия».....	4
Вопросы для вступительных испытаний.....	10
3. Рекомендуемые Интернет – ресурсы	13
4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по научной специальности 1.4.6 «Электрохимия»	14

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности 1.4.6. Электрохимия.

Программа предназначена для подготовки к вступительному экзамену в аспирантуру по научной специальности 1.4.6. Электрохимия.

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к обучению по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), в соответствии с федеральными государственными требованиями (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951), выполнению профессиональных задач в сфере научной деятельности.

Форма проведения вступительного экзамена

Вступительные испытания проводятся в устно-письменной форме по вопросам. Претенденту предлагается два вопроса, перечень которых доводится до сведения поступающих путем публикации программ вступительных испытаний на официальном сайте. Поступающий готовит письменные ответы на экзаменационных листах, отвечает в устной форме.

При необходимости вступительные испытания могут быть проведены в дистанционном формате. Перед началом дистанционных вступительных испытаний члены экзаменационных комиссий идентифицируют поступающего путем визуальной сверки предъявляемой через видеосвязь фотографии в паспорте с абитуриентом, вышедшим на связь. В случае не прохождения (отказа от прохождения) абитуриентом идентификации, вступительное испытание для данного абитуриента прекращается с оформлением документов о выбытии абитуриента из конкурса.

Требования к процедуре вступительного экзамена

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации определены Правилами приема поступающих на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Научная специальность 1.4.6 «Электрохимия»

Содержание программы

Раздел 1. Введение

Предмет и содержание электрохимии. Основные этапы в развитии электрохимии. Области применения электрохимии; электрохимические технологии.

Роль электрохимии в решении проблем рационального использования материальных и энергетических ресурсов, в охране окружающей среды.

Понятие об электрохимической системе. Законы Фарадея. Электрохимические эквиваленты. Вторичные и побочные процессы при электролизе.

Раздел 2. Равновесные и неравновесные свойства электролитов

Ион-дипольное взаимодействие и причины устойчивости ионных систем. Термодинамические и модельные методы расчета энергии сольватации. Химическая и реальная энергии сольватации. Энтропия сольватации ионов. Динамическая теория сольватации и понятие об отрицательной гидратации. Термодинамика растворов электролитов. Коэффициенты активности ионов и методы их определения. Равновесия в растворах электролитов. Методы определения констант равновесия. Теория кислот и оснований. Виды ион-ионного взаимодействия в растворах электролитов, ассоциация ионов. Вывод уравнений теории Дебая-Хюккеля для потенциала ионной атмосферы и для коэффициента активности. Применение теории Дебая-Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов. Современное состояние теории растворов электролитов. Типы растворителей и их свойства. Корреляционные подходы к сравнению свойств растворителей. Спектроскопические методы исследования растворов электролитов. Состояние ионов в растворе.

Неравновесные явления в растворах электролитов: диффузия, миграция и ионные реакции. Миграция: скорость, абсолютная скорость и подвижность ионов. Электропроводность электролитов и скорость ионов. Влияние ион-ионного взаимодействия на миграцию ионов, электрофоретический и релаксационный эффекты. Числа переноса и их определение.

Диффузия электролитов. Законы диффузии, коэффициент диффузии. Особенности диффузии заряженных частиц. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал. Конвективная диффузия.

Понятие удельной и эквивалентной электропроводности. Закон Кольрауша. Числа переноса и методы их определения. Подвижности отдельных ионов, их определение и зависимость от ионного радиуса, концентрации электролита и от температуры раствора. Аномальная подвижность. Влияние

вязкости среды на транспортные явления в растворах. Интерпретация явлений электропроводности с точки зрения теории Дебая-Хюккеля (электрофоретический и релаксационный эффекты; уравнение Онзагера; эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена). Представление о структуре и электропроводности неводных растворов, расплавов и твердых электролитов. Полимерные электролиты. Растворы, содержащие сольватированные электроны.

Типы и способы получения электролитов. Доказательства диссоциации соединений, изотонический коэффициент Вант-Гоффа. Теория электролитической диссоциации Гротгуса - Аррениуса, степень диссоциации. Закон действующих масс и электролитическая диссоциация. Приложения теории Аррениуса в теориях кислот и оснований, гидролиза, растворимости труднорастворимых соединений. Ион-дипольное взаимодействие как причина электролитической диссоциации, энергия сольватации в модели Борна.

Распределение ионов в растворе электролитов с позиций Дебая-Гюккеля, радиус ионной атмосферы. Изменение потенциальной энергии центрального иона как мера отклонения реальных растворов электролитов от идеального поведения. Коэффициент активности. Расчет коэффициентов активности ионов с позиций теории Дебая-Гюккеля в приближении точечных зарядов. Учет собственных размеров ионов в теории Дебая-Гюккеля. Перспективы развития теории Дебая-Гюккеля.

Раздел 3. Основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем

Понятие об электрохимическом потенциале. Условие электрохимического равновесия на отдельной межфазной границе и в электрохимической цепи. Скачки потенциала на границах раздела фаз; разности потенциалов Гальвани и Вольта. Понятие электродного потенциала; стандартный электродный потенциал. Уравнение Нернста. Концепция электронного равновесия на границе электрод/раствор. Взаимные превращения химической и электрической энергии в электрохимической системе. Термодинамика гальванического элемента; уравнение Гиббса-Гельмгольца. Методы определения коэффициентов активности, констант равновесия ионных реакций и чисел переноса на основе измерений электродвижущих сил. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей, на мембранах и ион-селективных электродах. Принцип работы стеклянного электрода. Электрохимические сенсоры.

Условия электрохимического равновесия на границе фаз. Скачки потенциала на границе фаз. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Гальвани и Вольта потенциалы.

Природа и механизм возникновения электродного потенциала. Роль сольватации в процессе возникновения электродного потенциала. Токи обмена. Равновесный потенциал. Термодинамическая формула для равновесного

электродного потенциала.

Условность величины электродного потенциала. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах. Водородная шкала потенциалов. Стандартные потенциалы, ряд активностей металлов. Электроды сравнения. Классификация электродов.

Правило Лютера. Ионоселективные и ферментные электроды. Электрохимические методы определения концентрации водородных ионов. Диаграмма областей электрохимической устойчивости воды. Термодинамическая устойчивость электродов в водных растворах. Диаграммы Пурбэ.

Электрохимические системы (цепи). Классификация электрохимических систем. Гальванический элемент -простые и сложные химические цепи. Термодинамика гальванического элемента; уравнение Гиббса-Гельмгольца. Термодинамическое уравнение для обратимой ЭДС электрической системы. Термодинамический метод расчета этих величин. Экспериментальный метод измерения ЭДС.

Физические цепи: гравитационные и аллотропические. Концентрационные цепи I и II рода. Термодинамика концентрационных цепей. Диффузионный потенциал, методы его элиминирования. Термодинамическая теория диффузионного потенциала по Планку и Гендерсону. Использование электрохимических цепей для определения стандартных потенциалов электродов, активностей и коэффициентов активностей, чисел переноса, растворимости и произведения растворимости трудно растворимых солей.

Раздел 4. Двойной электрический слой и явления адсорбции на межфазных границах

Механизм образования и принципы экспериментальных методов изучения двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления на жидких и твердых электродах. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса. Вывод и проверка общего уравнения электрокапиллярности. Зависимость пограничного натяжения от потенциала, состава раствора, температуры и природы металла. Понятие о полном и свободном заряде электрода. Потенциалы нулевого свободного и нулевого полного заряда; методы их определения. Термодинамическая теория поверхностных явлений на металлах, адсорбирующих водород и кислород. Проблемы Вольта и абсолютного скачка потенциала. Импеданс электрода и эквивалентные электрохимические схемы. Емкость двойного электрического слоя; ее зависимость от потенциала электрода, состава раствора и его концентрации. Роль металлической обкладки в строении двойного электрического слоя. Методы изучения двойного слоя на металлах группы платины: адсорбционный метод, методы кривых заряжения, вольтамперометрии, изоэлектрических сдвигов потенциала, радиоактивных индикаторов. Оптические и рентгеновские методы изучения границы раздела электрод-раствор.

Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия и другие зондовые методы. Сканирующая электрохимическая микроскопия. Двойной слой на границе раствор/воздух. Модельные теории двойного слоя. Вывод уравнений для заряда электрода в теориях Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Эффект Есина-Маркова. Явление частичного переноса заряда при адсорбции ионов. Гидрофильность поверхности.. Двумерные фазовые слои и фазовые переходы в поверхностных слоях. Строение двойного слоя на оксидных и полупроводниковых электродах. Двойной электрический слой на границе электрод/расплав и электрод/твердый электролит. Кристаллографическая структура поверхности и ее роль в строении двойного электрического слоя. Понятие о фрактальных поверхностях. Методы определения величины истинной поверхности электродов.

Раздел 5. Кинетика электродных процессов

Плотность тока как характеристика скорости электрохимических реакций. Общая характеристика электродных процессов, их стадии, понятие о лимитирующей стадии. Электродная поляризация, классификация поляризационных явлений. Виды перенапряжений. Поляризационные кривые. Экспериментальные методы определения потенциала электрода под током.

Диффузионное перенапряжение. Концентрационные изменения в приэлектродном слое при электролизе. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. . Стационарная диффузия при разряде ионов. Общее уравнение диффузионного перенапряжения. Предельная плотность тока диффузии. Роль миграции при разряде катионов и анионов. Роль перемешивания в массопереносе реагирующих веществ.

Теория конвективной диффузии Естественная конвекция. Диск вращающийся электрод. Нестационарная диффузия реагирующих веществ к электроду. Вращающийся дисковый электрод и его использование для изучения электрохимической кинетики. Вращающийся дисковый электрод с кольцом. Нестационарная диффузия к плоскому и сферическому электродам при постоянном потенциале. Теория полярографического метода. Полярографические максимумы и их теоретическая интерпретация. Вольтамперометрия. Осциллографическая полярография. Диффузионный импеданс. Различные виды полярографии на переменном токе. Хронопотенциометрия. Основные принципы и блок-схемы релаксационных методов изучения электрохимической кинетики (импульсный потенциостатический метод, импульсный и двухимпульсный гальваностатические методы, кулоностатический метод, методы фарадеевского импеданса и фарадеевского выпрямления). Электрохимическая импедансная спектроскопия. Тонкослойные методы. Ультрамикроэлектроды. Метод кварцевого микровзвешивания. Представления о работе пористого электрода, суспензионных и флюидизированных электродов.

Основные положения теории замедленного разряда. Электрохимическое перенапряжение. Основные положения теории замедленного разряда. Элементарный акт стадии разряда-ионизации по модели Гориучи-Поляни и на основе теории реорганизации растворителя. Энергия активации.

Кинетические параметры электрохимических реакций: ток обмена, коэффициент переноса. Зависимость скорости реакции от температуры. Идеальная и реальная энергии активации. Уравнение Фрумкина. Определение кинетических параметров электрохимических реакций. Влияние структуры двойного электрического слоя и природы электрода на скорость стадии разряда. Особенности электрохимической кинетики на полупроводниковых электродах.

Теория и методы изучения электрохимических процессов, включающих гомогенные или гетерогенные химические стадии. Замедленное протекание гомогенной и гетерогенной химических стадий. Влияние комплексообразования на кинетику электродных реакций. Уравнение химического перенапряжения. Кинетические и каталитические токи. Стадийный перенос электронов в электрохимических реакциях. Механизм реакции выделения водорода и электровосстановления кислорода на различных электродах. Роль адсорбции поверхностно-активных веществ в электрохимической кинетике.

Общие методы установления механизма сложной электрохимической реакции. Основные закономерности смешанной кинетики. Наложение перенапряжения диффузии на перенапряжение перехода. Наложение перенапряжения химической реакции на электрохимическое перенапряжение.

Электрокатализ. Сорбция и адсорбция водорода электродными материалами. Важнейшие типы электродных материалов.

Термодинамика и кинетика электрохимической нуклеации. Механизм реакций, протекающих с образованием новой фазы. Методы изучения начальных стадий электрокристаллизации. Роль дислокаций и поверхностной диффузии адатомов и ад-ионов в процессе кристаллизации. Перенапряжение при образовании двумерных и трехмерных зародышей. Теория поверхностной диффузии адатомов. Электроосаждение металлов. Сопряженные реакции в процессе растворения металлов.

Раздел 6. Электроосаждение металлов. Электрохимические технологии. Анодные процессы и коррозия металлов.

Образование поликристаллических осадков; влияние природы ионов, состава электролита, температуры его и перемешивания на структуру осаждаемого металла. Влияние природы подслоя на кристаллизацию металла. Ориентирующее действие подслоя на рост кристаллов, текстура осадков. Влияние поверхностно-активных веществ на кинетику процесса электроосаждения и структуру осадков.

Теория совместного разряда ионов. Электроосаждение сплавов. Электрокристаллизация и структура сплавов.

Химические источники тока. Топливные элементы. Свинцовые аккумуляторы. Серебряно-цинковые аккумуляторы. Кадмий-никелевые аккумуляторы и их аналоги. Металл-воздушные системы. Литиевые источники тока. Суперконденсаторы. Гальванотехника. Типы гальванических покрытий. Рассеивающая способность электролитов. Электрохимическое оксидирование металлов и сплавов. Электрохимическая размерная обработка. Наводороживание и водородная хрупкость. Функциональная гальванотехника. Гидроэлектрометаллургия. Электрохимическое производство хлора, щелочей, окислителей. Электрохимический синтез органических веществ. Электролиз расплавленных соединений. Производство алюминия. Производство щелочных и щелочно-земельных металлов. Электрорафинирование. Электрохимические преобразователи информации и электрохимические электронные устройства. Электрохромные устройства. Электрохимические технологии для микроэлектроники. Наноэлектрохимия и нанотехнология. Теория электрохимических реакторов. Экологические аспекты электрохимических технологий. Электрохимические методы очистки воды.

Основные закономерности анодного растворения металлов.

Перенапряжение диффузии при анодном растворении металлов. Пассивность металлов. Пленочная, адсорбционная теория пассивности. Солевая пассивность. Нерастворимые аноды.

Электрохимическая коррозия металлов. Электрохимические методы снижения скорости коррозии.

Процессы контактного выделения металлов. Кинетика цементации.

Коррозия металлов и сплавов Химическая и электрохимическая виды коррозии. Электрохимический механизм коррозии и его примеры. Электродные потенциалы металлов и причины их возникновения. Механизмы и кинетика коррозионных процессов. Схема и особенности электрохимического коррозионного процесса. Типы гальванических коррозионных элементов. Причины образования гальванических элементов на поверхности металлов и сплавов. Влияние внешних факторов на коррозионный процесс Деполяризаторы коррозионных процессов. Термодинамика высокотемпературного окисления металлов и сплавов в газах. Классификация оксидных пленок. Причины разрушения оксидных пленок. Кинетика газовой коррозии. Контролирующие стадии процессов окисления металлов в газах. Основные законы окисления металлов. Закономерности и особенности высокотемпературного окисления сплавов, растворимость кислорода в металлической матрице и внутреннее окисление.

Специфические виды коррозии Пассивность металлов, определение и характеристики пассивного состояния металлов. Теории пассивности, пассиваторы и депассиваторы. Значение пассивности металлов и практическое использование этого явления. Особенности пассивации сплавов. Локальные

коррозионные разрушения. Питтинговая и межкристаллитная коррозия. Коррозионно-механическое разрушение металлов. Контактная коррозия.

Способы защиты от коррозии Классификация методов защиты от электрохимической коррозии. Принципы противокоррозионного легирования. Подбор конструкционного материала для конкретных условий эксплуатации. Классификация защитных покрытий. Металлические покрытия: анодные и катодные. Неметаллические покрытия: достоинства и недостатки. Обработка коррозионной среды и электрохимическая защита: катодная, протекторная и анодная. Технико-экономические показатели защиты от коррозии. Защита металлов от газовой коррозии. Основной принцип жаростойкого легирования. Жаростойкие сплавы. Защитные покрытия.

Вопросы для вступительных испытаний

1. Понятие об электрохимической системе. Законы Фарадея. Электрохимические эквиваленты. Вторичные и побочные процессы при электролизе.

2. Термодинамика растворов электролитов. Коэффициенты активности ионов и методы их определения.

3. Равновесия в растворах электролитов. Методы определения констант равновесия. Теория кислот и оснований.

4. Типы и способы получения электролитов. Доказательства диссоциации соединений, изотонический коэффициент Вант-Гоффа.

5. Понятие удельной и эквивалентной электропроводности. Закон Кольрауша

6. Теория электролитической диссоциации Гротгуса - Аррениуса, степень диссоциации. Закон действующих масс и электролитическая диссоциация.

7. Представление о структуре и электропроводности неводных растворов

8. Представление о структуре и электропроводности расплавов

9. Представление о структуре и электропроводности твердых электролитов

10. Природа и механизм возникновения электродного потенциала. Роль сольватации в процессе возникновения электродного потенциала. Токи обмена. Равновесный потенциал. Термодинамическая формула для равновесного электродного потенциала.

11. Методы определения коэффициентов активности, констант равновесия ионных реакций и чисел переноса на основе измерений электродвижущих сил.

12. Стандартные потенциалы, понятие «ряд активностей металлов». Электроды сравнения. Классификация электродов.

13. Правило Лютера. Диаграмма областей электрохимической устойчивости воды. Термодинамическая устойчивость электродов в водных растворах. Диаграммы Пурбэ.

14 Электрокапиллярные явления на жидких и твердых электродах. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса.

15. Емкость двойного электрического слоя; ее зависимость от потенциала электрода, состава раствора и его концентрации.

16. Импеданс электрода и эквивалентные электрические схемы. Строение двойного электрического слоя на границе электрод-электролит.

17. Влияние двойного электрического слоя на электрохимическое перенапряжение. Уравнение Фрумкина. Кинетические параметры электрохимических реакций: ток обмена, коэффициент переноса

18. Строение двойного слоя на оксидных и полупроводниковых электродах.

19. Стадийный перенос электронов в электрохимических реакциях. Механизм реакции выделения водорода и электровосстановления кислорода на различных электродах.

20. Диффузионное перенапряжение. Концентрационные изменения в приэлектродном слое при электролизе. Механизм массопереноса: диффузия, миграция и конвекция.

21. Перенапряжение кристаллизации. Механизм реакций, протекающих с образованием новой фазы. Основы теории перенапряжения кристаллизации.

22. Химическое перенапряжение. Роль стадий химических превращений в электрохимических процессах. Замедленное протекание гомогенной и гетерогенной химических стадий. Влияние комплексообразования на кинетику электродных реакций. Уравнение химического перенапряжения.

23. Основные закономерности смешанной кинетики. Наложение перенапряжения диффузии на перенапряжение перехода. Наложение перенапряжения химической реакции на электрохимическое перенапряжение

24. Электрохимическое перенапряжение. Основные положения теории замедленного разряда. Элементарный акт стадии разряда-ионизации по модели Гориучи-Поляни и на основе теории реорганизации растворителя. Энергия активации

25. Особенности диффузии заряженных частиц. Законы диффузии, коэффициент диффузии. Уравнение Нернста-Эйнштейна. Диффузионный потенциал.

26. Миграция: скорость, абсолютная скорость и подвижность ионов. Электропроводность электролитов и скорость ионов. Влияние ион-ионного взаимодействия на миграцию ионов, электрофоретический и релаксационный эффекты

27. Модельные теории двойного слоя. Двойной электрический слой на границе электрод/расплав и электрод/твердый электролит.

28. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Зависимость скорости реакции от температуры. Идеальная и реальная энергии

активации.

29. Влияние двойного электрического слоя на электрохимическое перенапряжение. Уравнение Фрумкина. Кинетические параметры электрохимических реакций: ток обмена, коэффициент переноса. Определение кинетических параметров электрохимических реакций.

30. Перенапряжение диффузии при анодном растворении металлов. Пассивность металлов. Пленочная, адсорбционная теория пассивности. Солевая пассивность. Нерастворимые аноды.

31. Электролиз расплавленных соединений. Производство алюминия.

32. Гальванотехника. Типы гальванических покрытий. Рассеивающая способность электролитов.

33. Коррозия металлов и сплавов Химическая и электрохимическая виды коррозии. Электрохимический механизм коррозии и его примеры.

34. Способы защиты от коррозии. Классификация методов защиты от электрохимической коррозии

35. Электрохимические преобразователи информации и электрохимические электронные устройства

36. Химические источники тока. Топливные элементы

37. Термодинамика высокотемпературного окисления металлов и сплавов в газах. Классификация оксидных пленок. Причины разрушения оксидных пленок.

38. Кинетика газовой коррозии. Контролирующие стадии процессов окисления металлов в газах. Основные законы окисления металлов

39. Химические источники тока. Литиевые источники тока.

40. Электрохимическая коррозия металлов. Электрохимические методы снижения скорости коррозии.

41. Образование поликристаллических осадков при электроосаждении; влияние природы ионов, состава электролита, температуры его и перемешивания на структуру осаждаемого металла.

42. Плотность тока как характеристика скорости электрохимических реакций. Стадии электродных процессов, понятие о лимитирующей стадии.

43. Электродная поляризация, классификация поляризационных явлений. Виды перенапряжений. Поляризационные кривые.

44. Теория совместного разряда ионов. Электроосаждение сплавов. Электрокристаллизация и структура сплавов.

Список рекомендуемой литература (основная и дополнительная)

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. М.: Химия, 2010.

2. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии: Учебник. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2008.

3. Электроаналитические методы: теория и практика / Под ред. Шольца

Ф. М.: БИНОМ ЛЗ, 2009.

4. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. М.: Издательский дом «Интеллект», 2013.

5. Рогнян А.Л., Тихонов К.И., Шолшина И.А., Тимовнов А.М. Теоретическая электрохимия. М.: ООО «ТИД «Студент», 2013.

6. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высш. шк., 1984.

7. Байрамов В.М. Основы электрохимии. М.: Издательский дом «Академия», 2005.

8. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Основы теоретической электрохимии. М.: Высш. шк., 1978.

9. Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. М.: Высш. шк., 1978.

10. 2. Смирнов М.В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. М.: Наука, 1973

11. Степанов В.П. Физическая химия поверхности твердых электродов в солевых расплавах. Екатеринбург.: УрО РАН, 2005. – 324с.

12. Исаев В.А. Электрохимическое фазообразование. Екатеринбург.: УрО РАН, 2005. – 124с.

13. Будников Г.К., Майстренко В.Н, Вяселев М.Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. - 592с.

14. Химические источники тока. Справочник под редакцией Н.В. Коровина, Скундина А.М.. М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 740с.

15. Коровин Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки. -М.: изд. МЭИ, 2005. - 280 с.

16. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: Янус-К, 1997. – 384с.

17. Степанов В.П. Основные вопросы электрохимии расплавленных солей. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. - 292 с.

3. Рекомендуемые Интернет – ресурсы

1. Инженерный справочник - <http://www.dpva.info/>.

2. Физический справочник - http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=3.

3. XuMuK.ru - САЙТ О ХИМИИ - <http://www.xumuk.ru/>.

4. Каталог химических ресурсов - http://www.chemport.ru/catalog_tree.php.

5. WebElements Онлайн - <http://www.webelements.narod.ru/>.

6. Государственная публичная научно-техническая библиотека России
URL: <http://www.gpntb.ru/>. Интернет-портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» [сайт]. URL: www.ict.edu.ru

7. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>.
8. Российская Государственная библиотека URL:<http://www.rsl.ru/>.
9. Российская национальная библиотека URL: <http://www.nlr.ru/>.
10. Российский портал открытого образования [сайт]. URL: www.openet.edu.ru;

4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по научной специальности 1.4.6 «Электрохимия»

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данной научной специальности производится по пятибалльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительных испытаний - 3 (три) балла.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
5 баллов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы. 4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
4 балла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
3 балла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
2 балла	<ol style="list-style-type: none"> 1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по

	дисциплине.
--	-------------

2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.

3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

Программу вступительного испытания в аспирантуру по специальности 1.4.6 «Электрохимия» разработали:

Вед. науч. сотр., д-р хим. наук _____ Дунюшкина Л.А.
(подпись)

науч. сотр., канл хим. наук,
доцент _____ Никитина Е.В.
(подпись)

Лист согласования

Программа одобрена на заседании Ученого совета Института
(Протокол № 5 от 24 марта 2022 г.)

Ученый секретарь, канд. хим. наук _____ Кодинцева А.О.
(подпись)