

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 института
П.А. Архипов

2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Группа научных специальностей

1.4. Химические науки

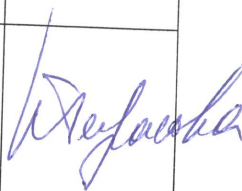
Научная специальность:

1.4.6. – Электрохимия

г. Екатеринбург

2022 год

Программа кандидатского экзамена составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Отдел	Подпись
1	Тарасова Наталия Александровна	Д-р хим. наук, доцент	Ведущий научный сотрудник	Лаборатория электрохимических устройств на твёрдооксидных протонных электролитах	

Программа кандидатского экзамена:

Одобрена:

На заседании Ученого Совета Института.
Протокол № 5 от «24» марта 2022 г.

Согласовано:

Ученый секретарь Ученого Совета Института
канд. хим. наук Кодинцева А.О.



1. Общие положения.

1.1. Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине научной специальности (далее – Программа) предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (прикрепленных лиц) к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 1.4.6. Электрохимия.

1.2. Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Приказом Минобрнауки России от 28.03.2014 № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня»;
- Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;
- Паспортом научной специальности 1.4.6. Электрохимия;
- Уставом Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (далее – Институт, ИВТЭ УрО РАН);

1.3. Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата химических наук и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе, перечень литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену.

1.4. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата химических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

1.5. Цель проведения кандидатского экзамена:

- оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 1.4.6. Электрохимия;
- проверка сформированности умений в области применения химии, использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;
- определение уровня владения основными химическими категориями и физико-химическими методами на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области химических дисциплин;
- получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

1.6. Задачи, решаемые в ходе сдачи кандидатского экзамена.

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области естественных наук.

1.7. Структура и содержание кандидатского экзамена.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 1.4.6. Электрохимия проводится в устной форме по билетам.

Экзаменационный билет включает в себя два-три теоретических вопроса и задание по теме диссертационного исследования.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 60 минут.

1.8. Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом по установленной Институтом форме.

2. Содержание программы кандидатского экзамена

1. Общие вопросы

Предмет электрохимии. Связь с другими разделами физической химии. Химические и электрохимические реакции. Области приложения электрохимии.

2. Теория электролитов

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 теории Дебая-Гюккеля, радиус ионной атмосферы. Изменение потенциальной энергии центрального иона как мера отклонения реальных растворов электролитов от идеального поведения. Идеальные и реальные растворы электролитов, коэффициент активности, средний коэффициент активности иона. 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.

Особенности ионных расплавов. Энергия ионных кристаллов. Плавление ионных кристаллов. Эффект предплавления. Ближний и дальний порядок в расплаве. Структура ионных расплавов. Ионный потенциал и поляризуемость ионов. Ионная ассоциация. Плавление чистых солей и солевых смесей. Типы диаграмм плавкости. Криоскопия расплавов.

Твердые электролиты: с собственной разупорядоченностью, с примесной разупорядоченностью, со структурной разупорядоченностью. Нестехиометрия в твердых оксидах, n- и p-типы проводимости в оксидных проводниках. Процессы на поверхности твердых оксидных проводников. Адсорбция – десорбция.

3. Процессы переноса в электролитах

Миграция: скорость, абсолютная скорость и подвижность ионов. Основные носители зарядов. Электропроводность электролитов и скорость ионов. Удельная и эквивалентная электропроводность. Методы измерения электропроводности. Температурная и концентрационная зависимости электропроводности. Влияние ион-ионного взаимодействия на миграцию ионов, электрофоретический и релаксационный эффекты. Предельная электропроводность. Числа переноса и подвижность ионов. Эффект Шемла. Механизм переноса зарядов в твердых электролитах. Ионная, электронная и дырочная составляющие электропроводности, их зависимость от состава электролита и газовой фазы. Роль межкристаллитных границ.

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

4. Термодинамика электродных процессов

Химический и электрохимический потенциалы. Внутренний, внешний и поверхностный потенциалы. Гальвани- и Вольта - потенциалы на различных границах раздела фаз, физическая и химическая теории происхождения скачка потенциала. Электродные равновесия. Электроды 1-го рода. Электроды 2-го рода. Стандартный электродный потенциал, условный стандартный электродный потенциал. Равновесный окислительно-восстановительный потенциал, правило Лютера. Газовые электроды. Электроды сравнения в расплавленных солях и твердоэлектролитных системах. Ряды напряжений.

Равновесие в электрохимической цепи. Максимальная электрическая работа в цепи. Уравнение Нернста. Физические цепи. Концентрационные цепи 1-го рода. Концентрационные цепи с газовыми электродами. Концентрационные цепи 2-го рода (цепи с переносом), обратимые по катионам. Анионные концентрационные цепи с переносом. Химические цепи. Химические источники тока. Водородно-кислородный элемент. Сложные химические цепи с металлическими электродами.

5. Электрохимические устройства (ЭХУ)

Основные компоненты газовой фазы электрохимической системы. Классификация ЭХУ по функциональному назначению. Электрохимические преобразователи информации. Электрохимические источники тока. Электрохимические реакторы. Датчики состава газа. Потенциометрические датчики. Кулонометрические датчики. Амперометрические датчики. Термические датчики. Электрохимические источники тока. Концентрационные элементы. Топливные элементы. Топливные элементы на H_2 и/или CO . Топливные элементы на CH_4 . Парциальное окисление метана. Паровая конверсия метана. Рециклирование анодной смеси. Топливные элементы на метано-воздушной смеси. Электрохимические реакторы. Кислородные насосы (КН). КН для получения чистого кислорода. КН для очистки газов от кислорода. КН для приготовления кислородсодержащих газовых смесей. КН для раскисления металлов. Электролизеры. Получение водорода и/или кислорода из воды.

6. Двойной электрический слой

Механизмы разделения зарядов на границе раздела фаз, заряд и поверхностные избытки заряженных компонентов. Основные теории двойного электрического слоя: плотный и диффузионный слой, модель Штерна, внутренний слой Гельмгольца, специфическая адсорбция. Граница полупроводник - электролит. Методы изучения двойного электрического слоя: эстанс, емкость, импеданс. Электрокапиллярные явления, уравнение электрокапиллярности. Заряд электрода: свободный, полный (термодинамический). Потенциал нулевого заряда.

7. Кинетика электродных процессов

Лимитирующие стадии электродного процесса. Основные механизмы поляризации электродов. Диффузионная кинетика. Основные уравнения диффузионной кинетики, поляризационная кривая. Диффузионная кинетика в отсутствие фонового электролита. Основные уравнения электрохимической кинетики. Концентрационная поляризация при выделении металла на одноименном металле в условиях стационарной диффузии. Концентрационная поляризация при сплавообразовании, потенциал полуволны. Конвективная диффузия, слой Прандтля. Нестационарная диффузия к плоскому электроду. Нестационарная диффузия к сферическому электроду. Полярография, полярографические максимумы. Нестационарная диффузия в условиях переменного электродного потенциала, диффузионный импеданс.

Электрохимическая поляризация. Перенапряжение разряда, его зависимость от температуры, свойств электрода и электролита. Теория замедленного разряда в представлении Эрдей-Груза-Фолмера. Влияние структуры двойного электрического слоя на скорость переноса заряда, теория перенапряжения выделения водорода Фрумкина. Импеданс реакции разряда - ионизации. Смешанная кинетика.

Влияние замедленной химической реакции на перенапряжение. Рекомбинационная теория перенапряжения водорода. Импеданс реакции разряд - ионизация с медленной химической стадией.

Фазовое перенапряжение. Образование зародышей новой фазы. Гомогенное и гетерогенное зарождение. Фазовое перенапряжение. Работа образования зародыша. Механизм роста кристаллов. Двумерные зародыши. Структура катодных осадков. Монокристаллы дендриты, нити, порошки, сплошные слои. Теория Фолмера - Эрдей - Груза для процесса образования трехмерного зародыша.

8. Пассивация и коррозия металлов

Анодные поляризационные кривые в отсутствие пассивации и в режиме пассивации. Сопряженные электродные реакции и стационарный потенциал. Коррозия, потенциал и ток коррозии. Коррозия металла с примесью. Основные методы защиты металлов от коррозии.

3. Учебно-методическое и информационное обеспечение для подготовки к кандидатскому экзамену

3.1. Перечень учебной литературы

3.1.1. Основная литература:

1. Адашкин А.А. Материаловедение и технология металлов: учеб. пособие для вузов / А. М. Адашкин, В. М. Зуев. 2-е изд. М.: Форум: [ИНФРА-М], 2013. – 333 с.
2. Андреев Ю.Я. Электрохимия металлов и сплавов: учебное пособие / Ю. Я. Андреев; Нац. исслед. технологический ун-т "МИСиС", Каф. защиты металлов и технологии поверхности. - М.: МИСИС, 2011. – 255 с.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. М.: Химия, 2010. – 624 с.
4. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии: Учебник. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 423 с.
5. Плит В. Электрохимия в материаловедении. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015. – 446 с.
6. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А., Тимонов А.М. Теоретическая электрохимия. -М.: Студент, 2013. – 496 с.
7. Салем Р. Р. Теоретическая электрохимия. Начала теории: научное издание.3-е изд. -М.: Вузовская книга, 2012. – 326 с.
8. Салем Р. Р. Физическая химия: Начала теоретической электрохимии: монография/ Р. Р. Салем. -Изд. 2-е. -М.: [КомКнига], 2010. – 316 с.
9. Электрохимия: [учеб. пособие для вузов] / Ф. Миомандр [и др.]; пер. с фр. В. Н. Грасевич; под ред. Ю. Д. Гамбурга. М.: Техносфера, 2008. – 359 с.

3.1.2. Дополнительная литература

1. Багоцкий В.С. Основы электрохимии. М.: Химия, 1988. – 400 с.
2. Бекетов Д.А., Храмов А.П., Чуйкин А.Ю., Скопов Г.В. Исследование физико-химических свойств материалов. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2014. – 46 с.
3. Будников Г.К., Майстренко В.Н., Вяселов М.Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с.
4. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. М.: Изд-во Мир, 1974. – 552 с.
5. Зайков Ю.П., Ковров В.А., Катаев А.А., Суздальцев А.В., Холкина А.С., Першин П.С. Электрохимия расплавленных солей Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та, 2014. – 88 с.
6. Исаев В.А. Электрохимическое фазообразование. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 124с.
7. Коровин Н.В., Скундин А.М. Химические источники тока: Справочник, М.: Издательство МЭИ, 2003. – 739 с.
8. Корята И., Дворжак И., Богачкова В. Электрохимия. М.: Мир, 1977. – 472 с.
9. Кришталек Л.И. Электродные процессы. Механизм элементарного акта. М.: Наука, 1979. – 224 с.
10. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии: Учебник. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. – 424с.
11. Молчанов В.П. Электроосаждение вольфрама из расплавленных солей. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. – 124 с.
12. Степанов В.П. Основные вопросы электрохимии расплавленных солей. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. – 292 с.
13. Степанов В.П. Физическая химия поверхности твердых электродов в солевых расплавах. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. – 324с.
14. Электроаналитические методы: теория и практика/ Под ред. Ф.Шольца. М.: Бином ЛЗ, 2009. – 326 с.

3.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Центральная научная библиотека УрО РАН <http://cnb.uran.ru/>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
3. Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru/main>
4. MEDLINE: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi> MEDLINE plus <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus>
5. EBSCO Publishing: <http://www.ebscohost.com/>
6. SAGE Journals Online: <http://online.sagepub.com/>
7. Научные журналы издательства Taylor&Francis (UK) на электронной Платформе Informaworld: <http://www.informaworld.com/>
8. Рефераты и полные тексты статей из журналов, книги, книжных серий, электронных ссылок научных издательств:
 - Springer Nature Group <http://springerlink.com/>
 - The Royal Society Of Chemistry <http://www.rsc.org>
 - American Chemical Society <http://pubs.acs.org>
 - The Electrochemical Society <http://www.electrochem.org>
 - Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com>
 - Издательство MDPI <https://www.mdpi.com>
 - IOP Publishing <https://ioppublishing.org>

9. Базы ВИНТИ (периодические издания, книги, фирменные издания, материалы конференций, тезисы, патенты, нормативные документы, депонированные научные работы) <http://www.viniti.ru/bnd.html>

10. Диссертации и авторефераты диссертаций: <http://diss.rsl.ru/>

4. Порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата химических наук (аспиранта/прикрепленного лица).

4.1. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

4.2. При оценке знаний и уровня подготовки соискателя ученой степени кандидата наук определяется:

– уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;

– умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;

– обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

4.3. Общими критериями, определяющими оценку уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук, являются:

– для оценки «**отлично**»: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

– для оценки «**хорошо**»: наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

– для оценки «**удовлетворительно**»: наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;

– для оценки «**неудовлетворительно**»: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

5. Методические указания по подготовке к сдаче кандидатского экзамена

При подготовке к кандидатскому экзамену рекомендуется:

Внимательно прочесть источники в списке рекомендуемой литературы и проанализировать информацию.

Сделать выписки (конспект) необходимой информации в соответствии с темами и экзаменационными вопросами.

Систематизировать и классифицировать полученные данные по тематическим разделам и экзаменационным вопросам.

Составить рабочие записи – ключевые опорные пункты в соответствии с логикой ответа на экзаменационные вопросы.

Подобрать необходимую иллюстративную информацию по содержанию ответа на экзаменационные вопросы.