

Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний
по направлению подготовки
18.04.01 – Химическая технология**

магистерская программа

«Электрохимический синтез и обработка поверхности»

Москва 2022

1. Введение

Программа вступительных испытаний по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру РХТУ им. Д.И. Менделеева по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология.

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденным приказом Минобрнауки России от 5 апреля 2017 г. № 301, а также в соответствии с Федеральным государственным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 7 августа 2020 г. № 910.

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников классических университетов, технологических и технических вузов, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины (модули), рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева по уровню бакалавриата. Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им. Д.И. Менделеева по направлению подготовки 18.04.01 – «Химическая технология»:

Программа «Электросинтез и обработка поверхности»: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Системы управления химико-технологическими процессами», «Моделирование химико-технологических процессов», а также дисциплин направленности **«Электрохимическая технология материалов и химических продуктов»:**

«Теоретическая электрохимия», «Основы электрохимической технологии (электросинтез и гальванотехника)», «Коррозия и защита металлов», «Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств», «Оборудование для электрохимических технологий»,

«Функциональные гальванические покрытия и гальванопластика», «Основы технологии конверсионных покрытий», «Электрохимическая технология чистых металлов», «Методы исследования в технологии электрохимических процессов», «Практикум по электрохимическим процессам»

2. Содержание программы «Электросинтез и обработка поверхности»

1. Электрохимические системы

1. Классификация проводников электрического тока, проводники I и II рода. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс.
2. Законы Фарадея. Число Фарадея и его физический смысл. Основные типы кулометров. Причины кажущихся отклонений от законов Фарадея.

2. Ионные равновесия и активность электролитов

1. Ионогены и ионофоры. Классификация растворов электролитов. Механизм образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса: достоинства и недостатки, границы применимости.
2. Уравнение Гиббса–Дюгема. Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов. Коэффициент активности как мера межионного взаимодействия. Зависимость коэффициентов активности от концентрации.
3. Теория Дебая–Гюккеля: основные допущения, представление о ионной атмосфере, определение коэффициентов активности в теории Дебая–Гюккеля. Достоинства и недостатки теории Дебая–Гюккеля и границы её применимости.

3. Процессы переноса в электрохимических системах

1. Диффузия, миграция и конвективный перенос ионов. Межионное взаимодействие в условиях прохождения постоянного тока через растворы электролитов: теория Дебая–Гюккеля–Онзагера. Катафоретический и релаксационный эффекты.
2. Электропроводность при больших напряжённостях электрического поля: эффект Вина. Высокочастотный эффект Дебая–Фолькенгагена..
3. Числа переноса и методы их определения. Подвижность ионов водорода и гидроксид-иона в водных растворах.
4. Электропроводность неводных растворов.
5. Модельные представления о строении ионных жидкостей. Механизм электропроводности расплавов. Твёрдые электролиты. Числа переноса в твёрдых электролитах. Суперионные проводники.

4. Скачки потенциала на фазовых границах и двойной электрический слой

1. Скачки потенциала на фазовых границах. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Вольта-потенциал и гальвани-потенциал.
2. Электродвижущая сила (ЭДС), как сумма гальвани-потенциалов и вольта-потенциалов. Условия равновесия между контактирующими фазами. Определение электродного потенциала. Уравнение Нернста для идеальных и реальных систем.
3. Механизм возникновения и природа ДЭС в электрохимических системах. Образование ДЭС за счёт переноса заряженных частиц через межфазную границу при установлении электрохимического равновесия. Ионный скачок потенциала; нулевые растворы и потенциал нулевого заряда. Образование ДЭС за счёт подведения зарядов от внешнего источника тока; идеально поляризуемые и неполяризуемые электроды. Ток обмена.
4. Образование ДЭС за счёт специфической адсорбции ионов и предпочтительной ориентации полярных молекул растворителя и растворённых веществ.
5. Основное уравнение электрокапиллярности; адсорбционное уравнение Гиббса и 1-е уравнение Липпмана. Методы изучения ДЭС. Ёмкость ДЭС. 2-е уравнение Липпмана.
6. Модели ДЭС Гельмгольца, Гуи–Чэпмена. Их достоинства и недостатки. Представление о ДЭС как о плоском конденсаторе; учёт диффузной природы ДЭС; природа и заряд плотного и диффузного слоёв. Модель Грэма.

5. Кинетика электродных процессов

1. Определение перенапряжения и поляризации. Основные стадии электрохимической реакции.
2. Суммарный поток и его составляющие. Связь суммарного потока с плотностью тока. Диффузионный, миграционный и конвективный потоки. Вращающийся дисковый электрод, уравнение Левича.
3. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Подвижность ионов, её связь с коэффициентом диффузии (уравнение Нернста–Эйнштейна).
4. Электрохимическое перенапряжение; основные уравнения теории замедленного разряда. Уравнение Фольмера, его частные случаи при малых и больших перенапряжениях. Уравнение Тафеля.
5. Уравнение Фрумкина. Влияние природы металла и рН на перенапряжение выделения водорода в растворах с постоянной ионной силой и в растворах чистых кислот и оснований.

6. Процессы электролиза с выделением металлов

1. Влияние адсорбции ПАВ на кинетику электровосстановления ионов металлов. Эффект Лошкарёва. Предельный адсорбционный ток.
2. Распределение тока и металла по поверхности катода, рассеивающая способность электролитов. Микрораспределение металла, выравнивающая способность электролитов, ее определение. Диффузионно-адсорбционная теория выравнивания. Получение блестящих покрытий. Основные положения теории блескообразования.
3. Основные закономерности совместного разряда ионов металлов. Электроосаждение сплавов.
4. Защитные и защитно-декоративные покрытия. Многослойные и композиционные гальванические покрытия.
5. Функциональная гальванотехника. Области применения функциональных гальванических покрытий.
6. Электрохимические покрытия в технологиях изготовления печатных плат и интегральных микросхем.

7. Процессы электролиза без выделения металлов

1. Электролитическое разложение воды с целью получения водорода и кислорода. Теоретические основы процесса электролиза воды.
2. Электрохимическое производство хлора, щелочи и электросинтез кислородных соединений хлора.
3. Электросинтез окислителей – соединений марганца. Электросинтез перманганата калия комбинированным методом. Основные и побочные реакции, протекающие при анодном образовании перманганата калия. Электросинтез диоксида марганца. Основные и побочные реакции, протекающие при анодном образовании диоксида марганца.

3. Примерное содержание вопросов к вступительным испытаниям по программе «Электросинтез и обработка поверхности»

Вопросы по химической технологии

1. Влияние адсорбции ПАВ на кинетику электровосстановления ионов металлов. Эффект Лошкарёва. Предельный адсорбционный ток. Первичное и вторичное ингибирование процессов электроосаждения металлов и сплавов.
2. Распределение тока и металла по поверхности катода, рассеивающая способность электролитов. Микрораспределение металла. Диффузионно-

- адсорбционная теория выравнивания. Получение блестящих покрытий. Основные положения теории блескообразования.
3. Основные закономерности совместного разряда ионов металлов. Электроосаждение сплавов.
 4. Защитные и защитно-декоративные покрытия. Многослойные и композиционные гальванические покрытия.
 5. Подготовка поверхности стали и других металлов. Электроосаждение металлических (Zn, Cu, Ni) покрытий. Электролиты и условия электролиза.
 6. Электролитические покрытия при изготовлении печатных плат и интегральных схем. (Cu, сплавы олова, как паяемые покрытия: Sn-Bi, Sn-Co, Sn-Sb, Sn-Pb). Недостатки чистого олова, как припоя. «Оловянная чума».
 7. Функциональная гальванотехника. Области применения функциональных гальванических покрытий.
 8. Электрохимические покрытия в технологиях изготовления печатных плат и интегральных микросхем.
 9. Электролитическое разложение воды с целью получения водорода и кислорода. Теоретические основы процесса электролиза воды.
 10. Электрохимическое производство хлора, щелочи и электросинтез кислородных соединений хлора.
 11. Электросинтез окислителей – соединений марганца. Электросинтез перманганата калия. Электросинтез диоксида марганца. Основные и побочные реакции, протекающие при анодном образовании диоксида марганца.
 12. Реакционные методы очистки сточных вод гальванических производств на примерах различных стоков.
 13. Технические отходы гальванического производства. Источники возникновения экологической опасности.
 14. Электрохимические методы очистки сточных вод гальванических производств на примерах электрофлотации, электролиза, электрокоагуляции).
 15. Мембранные методы очистки сточных вод гальванических производств. Примеры.

Теоретические вопросы

1. Классификация проводников электрического тока, проводники I и II рода. Электролиз как окислительно-восстановительный процесс.
2. Законы Фарадея. Число Фарадея и его физический смысл. Основные

типы кулонометров. Причины кажущихся отклонений от законов Фарадея.

3. Ионогены и ионофоры. Классификация растворов электролитов. Механизм образования растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации Аррениуса: достоинства и недостатки, границы применимости.
4. Уравнение Гиббса–Дюгема. Ион-ионное взаимодействие в растворах электролитов. Коэффициент активности как мера межионного взаимодействия. Зависимость коэффициентов активности от концентрации.
5. Теория Дебая–Гюккеля: основные допущения, представление о ионной атмосфере, определение коэффициентов активности в теории Дебая–Гюккеля. Достоинства и недостатки теории Дебая–Гюккеля и границы её применимости.
6. Диффузия, миграция, и конвективный перенос ионов. Межионное взаимодействие в условиях прохождения постоянного тока через растворы электролитов: теория Дебая–Гюккеля–Онзагера. Катафоретический и релаксационный эффекты.
7. Электропроводность при больших напряжённостях электрического поля: эффект Вина. Высокочастотный эффект Дебая–Фолькенгагена.
8. Числа переноса и методы их определения. Подвижность ионов водорода и гидроксид-иона в водных растворах.
9. Электропроводность неводных растворов.
10. Модельные представления о строении ионных жидкостей. Механизм электропроводности расплавов. Твердые электролиты. Числа переноса в твердых электролитах. Суперионные проводники.
11. Скачки потенциала на фазовых границах. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Вольта-потенциал и гальвани-потенциал.
12. Электродвижущая сила (ЭДС), как сумма гальвани-потенциалов и вольта-потенциалов. Условия равновесия между контактирующими фазами. Определение электродного потенциала. Уравнение Нернста для идеальных и реальных систем.
13. Механизм возникновения и природа ДЭС в электрохимических системах. Образование ДЭС за счёт переноса заряженных частиц через межфазную границу при установлении электрохимического равновесия. Ионный скачок потенциала; нулевые растворы и потенциал нулевого заряда. Образование ДЭС за счёт подведения зарядов от внешнего источника тока; идеально поляризуемые и неполяризуемые электроды. Ток обмена.

14. Образование ДЭС за счёт специфической адсорбции ионов и предпочтительной ориентации полярных молекул растворителя и растворённых веществ.
15. Основное уравнение электрокапиллярности; адсорбционное уравнение Гиббса и 1-е уравнение Липпмана.
16. Методы изучения ДЭС. Ёмкость ДЭС. 2-е уравнение Липпмана.
17. Модели ДЭС Гельмгольца, Гуи–Чэпмена. Их достоинства и недостатки. Представление о ДЭС как о плоском конденсаторе; учёт диффузной природы ДЭС; природа и заряд плотного и диффузного слоёв. Модель Грэма.
18. Определение перенапряжения и поляризации. Основные стадии электрохимической реакции.
19. Суммарный поток и его составляющие. Связь суммарного потока с плотностью тока. Диффузионный, миграционный и конвективный потоки. Вращающийся дисковый электрод, уравнение Левича.
20. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Подвижность ионов, её связь с коэффициентом диффузии (уравнение Нернста–Эйнштейна).
21. Электрохимическое перенапряжение; основные уравнения теории замедленного разряда. Уравнение Фольмера, его частные случаи при малых и больших перенапряжениях. Уравнение Тафеля.
22. Уравнение Фрумкина. Влияние природы металла и pH на перенапряжение выделения водорода в растворах с постоянной ионной силой и в растворах чистых кислот и оснований.

4. Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. Электрохимия: учеб. пособие 3-е изд. испр. СПб.: Издательство «ЛАНЬ», 2015. – 672 с.
2. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии: учебник – Долгопрудный: Издательский дом «ИНТЕЛЛЕКТ», 2013. – 448 с.
3. Теоретическая электрохимия: Учебн. для образоват. учрежд. высш. проф. обр. /А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина, А.М. Тимонов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Студент», 2013. – 494 с.
4. Прикладная электрохимия: Учебник. /Под ред. Томилова А.П.– Изд. 3-е, пер. и доп. – М., Химия, 1984. – 520 с.
5. Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. – М.: «Янус-К», 1997. – 384 с.
6. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами – М.: Химия,

1979. – 351 с.
7. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н. Никелирование: учебное пособие. Под ред. В.Н. Кудрявцева. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 192 с.
 8. Скопинцев В.Д. Оксидирование алюминия и его сплавов. М.: Российский химико-технологический ун-т им. Д. И. Менделеева, 2015. - 119 с. (Приложение к журналу "Гальванотехника и обработка поверхности").
 9. Методы очистки сточных вод гальванохимических производств. Учеб. пособие. В 2-х томах / А. В. Колесников [и др.]. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. Т.1. Базовые технологии обезвреживания жидких отходов гальванохимической обработки поверхности. – 164 с.
 10. Методы очистки сточных вод гальванохимических производств. Учеб. пособие. В 2-х томах / В. А. Колесников [и др.]. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. Т.2. Оборудование и технологии обработки воды на промышленных объектах гальванохимического производства. – 204 с.

Дополнительная литература

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику. – М.: Высш. школа, 1983. – 400 с.
2. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. Электролитическое хромирование. /Под ред. В.Н. Кудрявцева. М.: «Глобус», 2007. – 190 с.
3. В.В.Окулов Цинкование. Техника и Технология. /Под ред. В.Н. Кудрявцева. М.: «Глобус», 2008. – 248 с.
4. Мазанко А.Ф., Ромашин О.П. Промышленный мембранный электролиз. – М.: Химия, 1989. – с.
5. Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств. Обезвреживание и утилизация твёрдых отходов: учебно-метод. пособие / сост. В. И. Ильин, А. В. Колесников. – М.: Издательский центр РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2014. – 68 с.