

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ОБУЧАЮЩИХСЯ

По дисциплине Б1.В.03.03 Электрохимическая кинетика
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

для направления подготовки (специальности) 04.03.01 Химия
код и наименование направления подготовки (специальности)

направленность программы (профиль) Неорганическая химия и химия
координационных соединений
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки
бакалавр
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Кафедра - разработчик: химии и строительного материаловедения
название кафедры - разработчика рабочей программы

Разработчик(и) В.С. Долматов, доцент, к.х.н.
ФИО, должность, ученая степень, (звание)

Апатиты
2019

1. **Методические указания** составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 04.03.01 Химия, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 17 июля 2017 года, № 671, учебного плана в составе ОП по направлению подготовки 04.03.01 Химия, профилю «Неорганическая химия и химия координационных соединений».

2. Цели и задачи учебной дисциплины (модуля).

Целью дисциплины (модуля) «Электрохимическая кинетика» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 04.03.01 Химия, что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний в области электрохимии, изучение которой открывает путь к совершенствованию технологии, интенсификации электрохимических производств и улучшению качества продукции.

Задачи дисциплины (модуля):

- усвоение студентами основ строения двойного электрического слоя, электрохимической и диффузионной кинетики, катодного восстановления металлов, процессов анодного окисления и растворения;
- ознакомление с прикладными аспектами электрохимической кинетики: электролизом, химическими источниками тока, защитой металлов от коррозии.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Электрохимическая кинетика»

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ПК-1-н. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и компетенция реализуется полностью	<p>Знать: основы электрохимической кинетики</p> <p>Уметь: выбирать и использовать технические средства и методы испытаний</p> <p>Владеть: навыками обработки полученных в результате эксперимента данных</p> <p>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</p> <p>ПК-1-н-1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР</p> <p>ПК-1-н-2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР</p> <p>ПК-1-н-3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР</p> <p>ПК-1-н-4. Готовит объекты исследования</p>

Таблица 2 – Тематический план

№ ПР	Наименование и содержание тем для самостоятельной работы (СР)	Номер темы по табл. 4 РП	Кол-во часов
1	2	3	4
СР 1	Предмет электрохимической кинетики. Двойной электрический слой.	1	2
СР 2	Строение двойного электрического слоя. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.	2	3
СР 3	Электрокапиллярные явления. Емкость двойного электрического слоя.	3	2
СР 4	Электрокапиллярные явления на твердых электродах. Влияние адсорбции на электрокапиллярную кривую.	4	3
СР 5	Потенциал точки нулевого заряда. Электрокинетические явления.	5	3
СР 6	Скорость электрохимической реакции. Кинетический вывод выражения для равновесного потенциала.	6	3
СР 7	Поляризационные кривые. Уравнение частной поляризационной кривой.	7	3
СР 8	Зависимость между скоростью электродной реакции и потенциалом вблизи равновесия. Ток обмена.	8	3
СР 9	Температурная зависимость скорости электродной реакции и энергия активации. Катодное восстановление водорода. Теория замедленной рекомбинации.	9	3
СР 10	Катодное восстановление водорода. Теория замедленного разряда. Стадийное протекание электродных реакций.	10	3
СР 11	Диффузионная кинетика: характер поляризационной кривой. Скорость диффузии в при электродном слое. Предельный ток.	11	3
СР 12	Катодное восстановление катионов (полная поляризационная кривая). Концентрационная поляризация. Связь между плотностью тока и предельным током.	12	3
СР 13	Анодное окисление анионов (полная поляризационная кривая). Анодное растворение металлов.	13	3
СР 14	Катодное восстановление металлов. Условия возникновения новой фазы. Рост металлического кристалла на катоде.	14	3
СР 15	Влияние адсорбции на рост кристалла. Поляризация при катодном восстановлении металла.	15	2
СР 16	Совместное восстановление катионов. Строение поликристаллического осадка на катоде.	16	2
СР 17	Течение электролиза. Концентрационная поляризация. Напряжение разложения и химическая поляризация. Остаточный ток. Рассеивающая способность электролита.	17	2
СР 18	Самопроизвольное течение электродных процессов. Работа гальванического элемента. Коррозия металлов.	18	2
ИТОГО:			48

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

№ п\п	Название учебников, учебных пособий и других источников	Авторы (под ред.)	Издательство	Год издания
1	2	3	4	5
Основная:				
1.	Электрохимия : учебное пособие https://e.lanbook.com/reader/book/58166/#1	Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А.	Санкт-Петербург: Лань,	2015
2.	Коррозия и защита от коррозии http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112345.html?SSr=460134171c095399b2bf518	Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В.	М.: Физматлит	2010
Дополнительная:				
1.	Физическая и коллоидная химия. Практикум : учебное пособие https://e.lanbook.com/reader/book/5246/#1	П.М. Кругляков, А.В. Нуштаева, Н.Г. Вилкова, Н.В. Кошева.	Санкт-Петербург : Лань	2013
2.	Физические методы в исследованиях осаждения и коррозии металлов http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428289&sr=1	С.С. Виноградова, Р.А. Кайдриков, А.Н. Макарова, Б.Л. Журавлев	Казань : Издательство КНИТУ	2014
3.	Практикум по теоретической электрохимии http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=213994&sr=1	Хейфец, В.Л.	Изд-во Ленингр. ун-та,	1954

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Тема: Предмет электрохимической кинетики. Двойной электрический слой.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Значение курса. Электрометаллургия. Гальванотехника. Электрохимическая энергетика. Электрохимический синтез. Электрохимический анализ. Защита от коррозии металлов. Очистка сточных вод и водоподготовка.
2. Возникновение скачка потенциала на границе металл – электролит.

Литература.

Основная: [1-2]. Дополнительная: [1-3].

2. Тема: Строение двойного электрического слоя. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Строение двойного электрического слоя. Концентрация ионов в плотной части двойного слоя.
2. Поляризуемость электродов.

Литература.

Основная: [1-2].

3. Тема: Электрокапиллярные явления. Емкость двойного электрического слоя.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Устройство капиллярного электрометра.
2. Уравнение Липпмана.
3. Электрическая емкость двойного слоя. Дифференциальная и интегральная емкость.
4. Измерение емкости двойного слоя компенсационным методом.

Литература.

Основная: [1-2]. Дополнительная: [1-3].

4. Тема: Электрокапиллярные явления на твердых электродах. Влияние адсорбции на электрокапиллярную кривую.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Электрокапиллярные явления на твердых электродах. Изменение краевого угла смачивания с поляризацией.
2. Влияние адсорбции молекул, анионов и катионов на форму поляризационной кривой. Границы области адсорбции.
3. Влияние адсорбции ПАВ на зависимость дифференциальной емкости от потенциала.

Литература.

Основная: [1-2].

5. Тема: Потенциал точки нулевого заряда. Электрокинетические явления.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Методы определения потенциала точки нулевого заряда.
2. Электрокинетические явления. Электроосмос. Электрофорез.

Литература.

Основная: [1-2]. Дополнительная: [1-3].

6. Тема: Скорость электрохимической реакции. Кинетический вывод выражения для равновесного потенциала.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Стадии электродного процесса. Влияние медленной стадии на кинетику процесса.
2. Изменение энергии ионов металла при анодной (катодной) поляризации.
3. Вывод уравнений электрохимической кинетики.

4. Кинетический вывод уравнения для равновесного потенциала.

Литература.

Основная: [1-2].

7. Тема: Поляризационные кривые. Уравнение частной поляризационной кривой.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Поляризационные кривые: частные и суммарная.
2. Схема установки для съемки поляризационных кривых.
3. Вывод уравнения частной поляризационной кривой. Уравнение Тафеля.

Литература.

Основная: [1-2]. Дополнительная: [1-3].

8. Тема: Зависимость между скоростью электродной реакции и потенциалом вблизи равновесия. Ток обмена.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Уравнение суммарной поляризационной кривой вблизи равновесия.
2. Определение величины тока обмена.

Литература.

Основная: [1-2]. Дополнительная: [1-3].

9. Тема: Температурная зависимость скорости электродной реакции и энергия активации. Катодное восстановление водорода. Теория замедленной рекомбинации.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. «Идеальная» и «реальная» энергии активации.
2. Особенности катодного восстановления водорода.
3. Теория замедленной рекомбинации: достоинства и недостатки.

Литература.

Основная: [1-2].

10. Тема: Катодное восстановление водорода. Теория замедленного разряда. Стадийное протекание электродных реакций.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Теория замедленного разряда: достоинства и недостатки.
2. Влияние ПАВ на перенапряжение восстановления водорода. Зависимость перенапряжения от pH.
3. Стадийное протекание электродных реакций. Определение медленной стадии.

Литература.

Основная: [1-2].

11. Тема: Диффузионная кинетика: характер поляризационной кривой. Скорость диффузии в при электродном слое. Предельный ток.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Особенности диффузионной кинетики. Вид поляризационной кривой.
2. Условия предельного тока.
3. Скорость диффузии в приэлектродном слое. Слои Прандтля и диффузионный.

Литература.

Основная: [1-2].

12. Тема: Катодное восстановление катионов (полная поляризационная кривая). Концентрационная поляризация. Связь между плотностью тока и предельным током.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Вывод уравнения полной поляризационной кривой катодного восстановления катионов.

2. Концентрационная поляризация при катодном восстановлении катионов.
 3. Связь между плотностью тока и предельным током. Потенциал полуволны.
- Литература.
Основная: [1-2].

13. Тема: Анодное окисление анионов (полная поляризационная кривая). Анодное растворение металлов.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Вывод уравнения полной поляризационной кривой анодного окисления анионов.
 2. Вывод уравнения полной поляризационной кривой анодного растворения металлов.
- Литература.
Основная: [1-2].

14. Тема: Катодное восстановление металлов. Условия возникновения новой фазы. Рост металлического кристалла на катоде.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Условия возникновения новой фазы при катодном восстановлении металлов.
 2. Рост металлического кристалла на катоде.
- Литература.
Основная: [1-2].

15. Тема: Влияние адсорбции на рост кристалла. Поляризация при катодном восстановлении металла.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Влияние адсорбции на рост кристалла.
 2. Поляризация при катодном восстановлении металла.
- Литература.
Основная: [1-2].

16. Тема: Совместное восстановление катионов. Строение поликристаллического осадка на катоде.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Совместное восстановление катионов. Выход по току.
 2. Строение поликристаллического осадка на катоде. Условия получения мелко- и крупнокристаллических, плотных и рыхлых металлических осадков
- Литература.
Основная: [1-2].

17. Тема: Течение электролиза. Концентрационная поляризация. Напряжение разложения и химическая поляризация. Остаточный ток. Рассеивающая способность электролита.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Течение электролиза на примере электролиза раствора хлорида меди(II) с медными электродами.
 2. Течение электролиза на примере электролиза раствора сульфата натрия с инертными электродами.
 3. Напряжение разложения и химическая поляризация. Остаточный ток.
 4. Рассеивающая способность электролита.
- Литература.
Основная: [1-2].

18. Тема: Самопроизвольное течение электродных процессов. Работа гальванического элемента. Коррозия металлов.

Вопросы для самоконтроля знаний:

1. Самопроизвольное течение электродных процессов.
2. Работа гальванического элемента.
3. Электрохимическая коррозия металлов и способы защиты.

Литература.

Основная: [1-2]. Дополнительная: [1-3].

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Программой дисциплины предполагается проведение 2 контрольные работы. Студентам предлагается ответить на следующие вопросы:

Контрольная работа №1

1. Возникновение скачка потенциала на границе металл-электролит. Строение двойного слоя.
2. Концентрация ионов в плотной части двойного слоя.
3. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.
4. Электрокапиллярные явления.
5. Емкость двойного электрического слоя.
6. Электрокапиллярные явления на твердых электродах.
7. Влияние адсорбции на электрокапиллярную кривую.
8. Потенциал точки нулевого заряда.
9. Электрокинетические явления.
10. Скорость электрохимической реакции.
11. Кинетический вывод выражения для равновесного потенциала.
12. Поляризационные кривые.
13. Уравнение частной поляризационной кривой. Уравнение Тафеля.
14. Зависимость между скоростью электродной реакции и потенциалом вблизи равновесия. Ток обмена.
15. Температурная зависимость скорости электродной реакции. Энергия активации электродной реакции.
16. Катодное восстановление водорода. Теория замедленной рекомбинации.
17. Катодное восстановление водорода. Теория замедленного разряда.
18. Стадийное протекание электродных реакций.

Контрольная работа №2

1. Характер поляризационной кривой.
2. Скорость диффузии в приэлектродном слое.
3. Предельный ток.
4. Катодное восстановление катионов (полная поляризационная кривая).
5. Концентрационная поляризация при катодном восстановлении катионов.
6. Связь между плотностью тока и предельным током.
7. Анодное окисление анионов (полная поляризационная кривая).
8. Анодное окисление (растворение) металла.
9. Влияние адсорбции на предельный ток.
10. Влияние знака заряда электрода относительно раствора на скорость процесса.
11. Катодное восстановление металлов. 1. Условия возникновения новой фазы.
12. Рост металлического кристалла на катоде. Влияние адсорбции на рост кристалла.

13. Поляризация при катодном восстановлении металлов.
14. Совместное восстановление катионов. Выход по току
15. Факторы, определяющие строение поликристаллического осадка на катоде.
16. Методы исследований кинетики электродных реакций (Полярография, вольтамперометрия с медленной и быстрой разверткой потенциала, хронопотенциометрия).
17. Законы электролиза. Течение электролиза. Концентрационная поляризация.
18. Напряжение разложения и химическая поляризация.
19. Рассеивающая способность электролита.
20. Самопроизвольное окисление металлов в растворах электролитов. Пассивное состояние металлов. Работа гальванического элемента.
21. Электрохимические источники тока. Первичные источники.
22. Электрохимические источники тока. Аккумуляторы. Топливные элементы.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

Итоговый уровень знаний, приобретенный студентами при изучении дисциплины «ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА», проверяется на зачете.

Для проверки теоретической подготовки студентов по дисциплине на зачет выносятся следующие вопросы:

1. Возникновение скачка потенциала на границе металл-электролит. Строение двойного слоя.
2. Концентрация ионов в плотной части двойного слоя.
3. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.
4. Электрокапиллярные явления.
5. Емкость двойного электрического слоя.
6. Электрокапиллярные явления на твердых электродах.
7. Влияние адсорбции на электрокапиллярную кривую.
8. Потенциал точки нулевого заряда.
9. Электрокинетические явления.
10. Скорость электрохимической реакции.
11. Кинетический вывод выражения для равновесного потенциала.
12. Поляризационные кривые.
13. Уравнение частной поляризационной кривой. Уравнение Тафеля.
14. Зависимость между скоростью электродной реакции и потенциалом вблизи равновесия. Ток обмена.
15. Температурная зависимость скорости электродной реакции. Энергия активации электродной реакции.
16. Катодное восстановление водорода. Теория замедленной рекомбинации.
17. Катодное восстановление водорода. Теория замедленного разряда.
18. Стадийное протекание электродных реакций.
19. Характер поляризационной кривой.
20. Скорость диффузии в приэлектродном слое.
21. Предельный ток.
22. Катодное восстановление катионов (полная поляризационная кривая).
23. Концентрационная поляризация при катодном восстановлении катионов.
24. Связь между плотностью тока и предельным током.
25. Анодное окисление анионов (полная поляризационная кривая).
26. Анодное окисление (растворение) металла.
27. Влияние адсорбции на предельный ток.

28. Влияние знака заряда электрода относительно раствора на скорость процесса.
29. Катодное восстановление металлов. 1. Условия возникновения новой фазы.
30. Рост металлического кристалла на катоде. Влияние адсорбции на рост кристалла.
31. Поляризация при катодном восстановлении металлов.
32. Совместное восстановление катионов. Выход по току
33. Факторы, определяющие строение поликристаллического осадка на катоде.
34. Методы исследований кинетики электродных реакций (Полярография, вольтамперометрия с медленной и быстрой разверткой потенциала, хронопотенциометрия).
35. Законы электролиза. Течение электролиза. Концентрационная поляризация.
36. Напряжение разложения и химическая поляризация.
37. Рассеивающая способность электролита.
38. Самопроизвольное окисление металлов в растворах электролитов. Пассивное состояние металлов. Работа гальванического элемента.
39. Электрохимические источники тока. Первичные источники.
40. Электрохимические источники тока. Аккумуляторы. Топливные элементы.