

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

АПАТИТСКИЙ ФИЛИАЛ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

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)

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.	<p><b>ПК-1-н.</b> Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p>Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и компетенция реализуется полностью</p>	<p><b>Знать:</b> основы электрохимической кинетики  <b>Уметь:</b> выбирать и использовать технические средства и методы испытаний  <b>Владеть:</b> навыками обработки полученных в результате эксперимента данных  <b>Индикаторы сформированности компетенций в реализуемой части:</b>  <b>ПК-1-н-1.</b> Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР  <b>ПК-1-н-2.</b> Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР  <b>ПК-1-н-3.</b> Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР  <b>ПК-1-н-4.</b> Готовит объекты исследования</p>

**Таблица 2 - Перечень практических работ**

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

11.	Самопроизвольное течение электродных процессов. Работа гальванического элемента. Коррозия металлов.	1	18
11	<b><u>Всего часов:</u></b>		<b>15</b>

## Рекомендации к выполнению практических работ

### *Практическое задание № 1.*

Тема: Предмет электрохимической кинетики. Двойной электрический слой. Строение двойного электрического слоя. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Объяснить практическое значение электрохимической кинетики на примере электрометаллургии, гальванотехники, электрохимической энергетики, электрохимического синтеза, электрохимического анализа, защиты от коррозии металлов, очистки сточных вод и водоподготовки, электрохимических процессов при обогащении руд.
2. Рассмотреть схему изменения энергии катиона при его переходе с поверхности металла в раствор. Объяснить возникновение скачка потенциала на границе металл – электролит.
3. Обратить внимание на строение двойного электрического слоя в концентрированных и разбавленных растворах электролитов, знак заряда металла относительно раствора.
4. Привести примеры поляризуемых и неполяризуемых электродов и обосновать, какой тип электродов используется для изучения строения и свойств двойного электрического слоя.

### *Практическое задание № 2.*

Тема: Электрокапиллярные явления. Емкость двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления на твердых электродах. Влияние адсорбции на электрокапиллярную кривую. Потенциал точки нулевого заряда. Электрокинетические явления.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Рассмотреть схему капиллярного электрометра.
2. Обратить внимание на вывод адсорбционного уравнения Гиббса и обосновать следующее из него уравнение Липпмана.
3. Проанализировать характер электрокапиллярной кривой, изменение плотности заряда.
4. Показать связь между интегральной и дифференциальной емкостью двойного электрического слоя. Обосновать изменение емкости двойного слоя с изменением потенциала, минимумы емкости в разбавленных растворах.
5. Рассмотреть эквивалентную схему электрического слоя и компенсационный метод
6. Обратить внимание на экспериментальное изучение электрокапиллярной кривой по краевому углу смачивания на твердых электродах.
7. Охарактеризовать влияние адсорбции поверхностно-активных веществ (молекул, анионов, катионов) на форму электрокапиллярной кривой, объяснить действие поляризации.
8. Дать характеристику потенциала точки нулевого заряда. Обратить внимание на равенство разности потенциалов точек нулевых зарядов двух металлов внешней контактной разности потенциалов между ними.
9. Обосновать возникновение дзета-потенциала и привести примеры электрокинетических

явлений.

### *Практическое задание № 3.*

Скорость электрохимической реакции. Кинетический вывод выражения для равновесного потенциала. Поляризационные кривые. Уравнение частной поляризационной кривой.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Разобрать стадии электродного процесса. Обратит внимание на влияние потенциала на величину энергии активации электрохимической реакции. Обратит внимание на вывод уравнений скорости электрохимических реакций (анодной и катодной).
2. Обратит внимание на то, что строение двойного слоя, оказывающее влияние на скорость электродной реакции, не влияет на равновесное значение потенциала.
3. Уметь построить поляризационные кривые (частные и суммарную), вывести уравнение частной поляризационной кривой.
4. Рассмотреть схему установки для снятия поляризационных кривых.

### *Практическое задание № 4.*

Зависимость между скоростью электродной реакции и потенциалом вблизи равновесия. Ток обмена. Температурная зависимость скорости электродной реакции и энергия активации.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Вывести уравнение Тафеля. Обратит внимание на то, какие характеристики электродного процесса могут быть определены из углового коэффициента уравнения.
2. Рассмотреть особенности поляризационных кривых вблизи равновесного потенциала, охарактеризовать ток обмена.
3. Обратит внимание на величины токов обмена для поляризуемых и неполяризуемых электродов, связь токов обмена с активностью (концентрацией) ионов в растворе.
4. Вывести связь между идеальной и реальной энергией активации электродной реакции.

### *Практическое задание № 5.*

Катодное восстановление водорода. Теория замедленной рекомбинации. Теория замедленного разряда. Стадийное протекание электродных реакций.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Показать значение исследований реакции катодного восстановления водорода для развития теории кинетики электродных процессов и практики электрохимических производств.
2. Сопоставить достоинства и недостатки теорий замедленной рекомбинации и замедленного разряда.
3. Вывести кинетические выражения стадийных реакций с учетом медленной стадии процесса.

### *Практическое задание № 6.*

Диффузионная кинетика: характер поляризационной кривой. Скорость диффузии в приэлектродном слое. Предельный ток.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Охарактеризовать основные особенности диффузионной кинетики. Вывести уравнение диффузионного тока.
2. Рассмотреть молекулярную и конвективную диффузию.
3. Дать характеристику диффузионного и миграционного тока, чисел переноса ионов.
4. Определить условия предельного тока.

*Практическое задание № 7.*

Катодное восстановление катионов (полная поляризационная кривая). Концентрационная поляризация. Связь между плотностью тока и предельным током. Анодное окисление анионов (полная поляризационная кривая). Анодное растворение металлов.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Вывести уравнение, описывающее весь ход поляризационной кривой от электрохимической до диффузионной кинетики, включая и область предельного тока.
2. Дать характеристику концентрационной поляризации.
3. Вывести уравнение, связывающее плотность тока с предельным током.
4. Вывести уравнение, описывающее анодное окисление анионов в области электрохимической, смешанной и диффузионной кинетики.
5. Вывести уравнение описывающее ход полной поляризационной кривой растворения анионов.

*Практическое задание № 8.*

Катодное восстановление металлов. Условия возникновения новой фазы. Рост металлического кристалла на катоде. Влияние адсорбции на рост кристалла. Поляризация при катодном восстановлении металла.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Рассмотреть условия возникновения новой фазы, в том числе образования металлического зародыша на катоде.
2. Представить схему роста кристалла металла на катоде. Выявить связь роста кристалла с условиями электролиза.
3. Показать влияние адсорбции поверхностно-активных веществ на рост металлического кристалла.
4. Обратить внимание на концентрационную поляризацию при росте кристаллов металла на катоде.

*Практическое задание № 9.*

Совместное восстановление катионов. Строение поликристаллического осадка на катоде.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Дать понятие выхода по току. Рассмотреть различные случаи совместного восстановления металла и водорода с помощью схематических поляризационных кривых.
2. Привести примеры практического использования различных растворов и режимов электролиза для получения сплавов или чистых катодных осадков.

*Практическое задание № 10.*

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

Методические рекомендации по практической работе:

1. Сформулировать основные законы электролиза. Рассмотреть течение электролиза в растворе хлорида меди(II) на медных электродах.
2. Рассмотреть течение электролиза в растворе хлорида меди(II) на медных электродах.
3. Рассмотреть электролиз раствора сернокислого натрия на платиновых электродах.
4. Дать понятия напряжения разложения, химической поляризации, остаточного тока.
5. Дать понятие рассеивающей способности электролита. Построить диаграммы для определения коэффициента распределения тока на электродах.

*Практическое задание № 11.*

Самопроизвольное течение электродных процессов. Работа гальванического элемента. Коррозия металлов.

Методические рекомендации по практической работе:

1. Рассмотреть работу гальванического элемента при помощи поляризационных диаграмм.
2. Рассмотреть электрохимическую коррозию металлов с помощью сопряженных поляризационных кривых окисления металла и восстановления окислителей. Показать способы защиты металлов от коррозии.



## Список рекомендуемой литературы

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