

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физической химии**

Авторы-составители: **Ракитянская Ирина Леонидовна**

Рабочая программа дисциплины

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Код УМК 78140

Утверждено  
Протокол №6  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Электрохимические методы исследований

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « С.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Специальность: **04.05.01** Фундаментальная и прикладная химия  
направленность Фундаментальная и прикладная химия

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Электрохимические методы исследований** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**04.05.01** Фундаментальная и прикладная химия (направленность : Фундаментальная и прикладная химия)

**ОПК.4** Способен обрабатывать, анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач

#### **Индикаторы**

**ОПК.4.3** Формулирует заключения и делает выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач

**ПК.1** Способен планировать и проводить фундаментальные и прикладные работы по сформулированной тематике, владеет навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований

#### **Индикаторы**

**ПК.1.3** Владеет навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Специальность</b>	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия (направленность: Фундаментальная и прикладная химия)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	13
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (13 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Электрохимические методы исследований**

Широкий спектр методов, основанных на взаимодействии электрического тока с веществом и интерпретации получаемого при этом аналитического сигнала.

#### **1. Введение. Обзор электрохимических методов.**

Вводная лекция, предусматривающая краткий обзор материала, который предполагается изучить.

##### **Введение**

Определение электрохимических методов, их отличия и преимущества по сравнению с другими классами методов.

##### **Обзор электрохимических методов**

Классификация электрохимических методов исследования по регистрируемому параметру тока.

#### **2. Теоретические основы электрохимических методов исследования**

Теоретические основы электрохимических методов исследования, принципиальная возможность использования различных параметров тока для качественного, количественного анализа и определения кинетических и термодинамических характеристик электрохимических процессов. Базовые уравнения.

##### **Теоретические основы электрохимических методов исследования**

Теоретические основы электрохимических методов исследования, принципиальная возможность использования различных параметров тока для качественного, количественного анализа и определения кинетических и термодинамических характеристик электрохимических процессов. Базовые уравнения.

#### **3. Потенциометрический метод**

Метод основанный на использовании зависимости потенциала электрода от активности ионов в растворе.

##### **Прямая потенциометрия**

Прямая потенциометрия и её применение в аналитической химии и физико-химических исследованиях. Ионметрия. Ионселективные электроды, их классификация и принципы работы. Электроды с жёсткой матрицей (стеклянный, фторидселективный, на основе сульфида серебра). Электроды с жидкими мембранами. Газочувствительные датчики. Ферментные электроды.

##### **Потенциометрическое титрование**

Потенциометрическое титрование. Преимущества перед прямой потенциометрией и титрованием с визуальной фиксацией точки конца титрования.

Кислотно-основное титрование. Возможность титрования смесей сильных и слабых протолитов.

Окислительно-восстановительное титрование. Осадительное титрование. Комплексометрическое титрование.

#### **4. Кулонометрия и кулонометрическое титрование**

Метод основанный на применении законов Фарадея для анализа растворов электролитов.

##### **Кулонометрия и кулонометрическое титрование**

Основы кулонометрического анализа. Законы Фарадея. Прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование. Оборудование для метода. Область применения.

#### **5. Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование**

Неселективный метод, основанный на измерении электропроводности объектов.

### **Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование**

Электропроводность растворов электролитов. Зависимость электропроводности от концентрации сильных и слабых электролитов.

Прямая кондуктометрия. Возможности метода.

Кондуктометрическое титрование. Преимущества перед титрованием с визуальной фиксацией точки конца титрования.

### **6. Вольтамперометрия и полярография**

Метод, позволяющий осуществлять широкий спектр исследований на основании интерпретации зависимостей тока от потенциала.

#### **Базовые принципы вольтамперометрии**

Теоретические основы вольтамперометрического анализа. Явление поляризации. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.

#### **Оборудование для полярографического анализа и возможности метода**

Полярографический анализ: оборудование и условия проведения.

Возможности полярографии, качественный и количественный анализ.

#### **Способы улучшения соотношения фарадеевского и ёмкостного токов**

Возможности для улучшения соотношения фарадеевского и ёмкостного токов. Осциллографическая полярография, импульсная полярография, переменного-тока полярография.

#### **Вольтамперометрия на твёрдых электродах**

Возможности вольтамперометрии на вращающемся электроде. Амперометрическое титрование.

Циклическая вольтамперометрия, её теоретические основы и возможности для изучения электродных процессов.

### **7. Импедансные методы исследования**

Современный электрохимический метод, позволяющий глубоко понимать природу электродных процессов в системе.

#### **Теоретические основы метода**

Теоретические основы метода импедансной спектроскопии

#### **Импеданс основных стадий электрохимического процесса**

Элементы эквивалентных электрических схем. Импеданс основных стадий электрохимических процессов.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Отто М. Современные методы аналитической химии:[учебник] перевод с немецкого/М. Отто ; ред. А. В. Гармаш.-Москва:Техносфера,2006, ISBN 5-94836-072-5.-416.-Библиогр. в конце глав
2. Основы аналитической химии.учебник для студентов химического направления и химических специальностей вузов : в 2 кн./Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова; ред. Ю. А. Золотов.-Москва:Высшая школа,2004.Кн. 2.Методы химического анализа/Н. В. Алов [и др.].-2004.-503, ISBN 5-06-004734-2.-Библиогр.: с. 490-493
3. Теория и технология электрохимических методов защиты от коррозии : учебно-методическое пособие / О. В. Ярославцева, В. М. Рудой, Н. И. Останин [и др.] ; под редакцией А. Б. Даринцева. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 96 с. — ISBN 978-5-7996-1754-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/65991.html>
4. Будников Г. К.,Майстренко В. Н.,Вяселев М. Р. Основы современного электрохимического анализа:учебное пособие для студентов вузов/Г. К. Будников, В. Н. Майстренко, М. Р. Вяселев.-Москва:Мир,2003, ISBN 5-03-003471-4.-592.-Библиогр.: с. 587

### Дополнительная:

1. Кичигин В. И.,Шерстобитова И. Н.,Шеин А. Б.,Шерстобитова И.Н.,Шеин А.Б. Импеданс электрохимических и коррозионных систем:[учебное пособие по спецкурсу]/В. И. Кичигин, И. Н. Шерстобитова, А. Б. Шеин.-Пермь,2009, ISBN 978-5-7944-1308-3.-238.-Библиогр.: с. 211-238 (328 назв.)



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Электрохимические методы исследований** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС); доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; тестирование

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Лекционные занятия: Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

2. Занятий семинарского типа (семинары, практические занятия):

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

3. Лабораторные занятия: «Лаборатория электрохимии и коррозии металлов» и "Лаборатория физических методов исследования", оснащенные специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

4. Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

5. Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

6. Самостоятельная работа: «Лаборатория физической химии», оснащенная специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

## Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Электрохимические методы исследований**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.4**

**Способен обрабатывать, анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.4.3</b> Формулирует заключения и делает выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</p>	<p>Успешное решение задачи для формирования заключения о результатах проведенного исследования.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b> Не способен внятно объяснить предложенные графические результаты исследований.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b> По результатам исследования с трудом может понять, какие электрохимические методы были применены, не может грамотно интерпретировать графические и аналитические данные, окончательное заключение оказывается ошибочным.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b> По результатам исследования может понять, какие электрохимические методы были применены, может грамотно интерпретировать графические и аналитические данные, сделать окончательное заключение, однако в любом из этих шагов допускает неточности.</p> <p align="center"><b>Отлично</b> По результатам исследования может понять, какие электрохимические методы были применены, может грамотно интерпретировать графические и аналитические данные, сделать окончательное заключение.</p>

**ПК.1**

**Способен планировать и проводить фундаментальные и прикладные работы по сформулированной тематике, владеет навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.3</b></p>	<p>Проведение</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p>Владеет навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований</p>	<p>потенциометрического, кондуктометрического, кулонометрического, амперометрического исследований, а также исследований методами прямой и циклической вольтамперометрии и импедансной спектроскопии.</p>	<p><b>Неудовлетворител</b> Не способен выполнить исследование указанными методами.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> Умеет включать прибор в сеть.</p> <p><b>Хорошо</b> Умеет выбрать оптимальные условия анализа, не интерпретирует результаты правильно.</p> <p><b>Отлично</b> Умеет выбрать оптимальные условия анализа и правильно интерпретировать его результаты..</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : 14/28/0/66 экз

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 42 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 42 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение Входное тестирование	1) Знание базовых законов и уравнений электрохимии:- закон Фарадея- уравнение Нернста- уравнение Тафеля- базовое уравнение теории Дебая и Хюккеля2) Умение применять вышеперечисленные законы и уравнения для решения расчётных задач.

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.3</b> Владеет навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований</p> <p><b>ОПК.4.3</b> Формулирует заключения и делает выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</p>	<p>Кулонометрия и кулонометрическое титрование</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>1. Два теоретических вопроса раскрывающие: а) знание базовых принципов основных электрохимических методов исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потенциометрии</li> <li>- кондуктометрии</li> <li>- кулонометрии</li> <li>- амперометрии</li> <li>- прямой и циклической вольтамперометрии</li> <li>- полярографии</li> <li>- импедансной спектроскопии</li> </ul> <p>б) знание областей применения данных методов. в) знание возможностей данных методов. г) знание основного оборудования, необходимого для реализации данных методов. д) знание ограничений возможностей данных методов.</p>
<p><b>ОПК.4.3</b> Формулирует заключения и делает выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</p>	<p>5. Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Соответствие доклада заданной теме. Умение грамотно изложить материал.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.1.3</b> Владеет навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований</p> <p><b>ОПК.4.3</b> Формулирует заключения и делает выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических исследований с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</p>	<p>7. Импедансные методы исследования</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>1. Отчёты по лабораторным работам по темам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение хлоридов методом кулонометрического титрования</li> <li>- Определение рF методом прямой потенциометрии</li> <li>- Осаждение меди (амперометрия)</li> <li>- Определение содержания цинка методом амперометрического титрования</li> <li>- Исследование электрохимического поведения металла методом ЦВА кривых</li> </ul> <p>2. Решение практической задачи по обоснованному выбору метода исследования.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
10 вопросов с открытым ответом по 2 балла каждый	20

#### Кулонометрия и кулонометрическое титрование

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12.5**

Показатели оценивания	Баллы
Указание возможного результата исследования (графика или иной информации) (2 вопроса по 4 балла)	8
Приведение базового уравнения метода (2 вопроса по 4 балла)	8
Указание необходимого в данном методе оборудования (2 вопроса по 3 балла)	6
Указание возможностей и областей применения метода (2 вопроса по 3 балла)	6
Указание ограничений метода (4 вопроса по 0,5 балла)	2

#### 5. Кондуктометрия и кондуктометрическое титрование

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **12**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Представление печатного экземпляра реферата	10
Представление доклада по теме реферата	10
Ответы на вопросы аудитории	5
Участие в обсуждении других докладов	5

### **7. Импедансные методы исследования**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Предоставление отчёта по лабораторной работе (5 отчётов)	20
Умение правильно предсказать и интерпретировать полученные результаты	5
Знание ограничений метода	4
Умение правильно и обоснованно выбрать метод анализа.	4
Умение теоретически подобрать оптимальные условия эксперимента	4
Знание альтернативных методов, дающих подобную информацию	3