

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Электрохимические методы анализа

**Код модуля**  
1157989

**Модуль**  
Инструментальные методы анализа

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Иванова Алла Владимировна	доктор химических наук, доцент	Профессор	аналитической химии
2	Козицина Алиса Николаевна	доктор химических наук, доцент	заведующий кафедрой	аналитической химии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

**Авторы:**

- **Иванова Алла Владимировна, Профессор, аналитической химии**
- **Козицина Алиса Николаевна, заведующий кафедрой, аналитической химии**

## **1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Электрохимические методы анализа**

<b>1.</b>	<b>Объем дисциплины в зачетных единицах</b>	<b>6</b>	
<b>2.</b>	<b>Виды аудиторных занятий</b>	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
<b>3.</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>	Экзамен	
<b>4.</b>	<b>Текущая аттестация</b>	Контрольная работа	1
		Коллоквиум	1
		Домашняя работа	1
		Отчет по лабораторным работам	6

## **2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Электрохимические методы анализа**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>	<b>Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ПК-38 -Способность внедрять новые средства измерения и методики (методы) химического анализа сырья, готовой продукции и объектов окружающей среды	З-2 - Сделать обзор по современному оборудованию, используемому в электрохимических методах анализа П-2 - Выполнять анализ с использованием соответствующих средств измерений У-2 - Соотносить электрохимический метод анализа с измеряемым физическим параметром и аналитическим прибором	Домашняя работа Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

ПК-40 -Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда	З-3 - Описывать правила техники безопасности и пожарной безопасности при работе с электрооборудованием П-3 - Выполнять измерения на электрооборудовании в соответствии с правилами техники безопасности и пожарной безопасности У-3 - Собирать электрохимические установки для проведения анализа с учетом правил техники безопасности и пожарной безопасности	Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия
--	--	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>контрольная работа</i>	6,15	70
<i>домашняя работа</i>	6,8	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.2</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>коллоквиум</i>	6,12	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.2</b>		

<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,9	15
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,10	15
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,11	15
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,13	15
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,14	20
<i>отчет по лабораторным работам</i>	6,16	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		

### **3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## **4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### **Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов.

	<p>Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения.</p> <p>Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.</p>
--	---

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

**5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

**5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

**5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

**5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Расчеты на основании анализа кривых потенциометрического титрования констант диссоциации слабых кислот и оснований, констант устойчивости комплексных соединений

2. Электрохимические методы в НИР студентов
  3. Коллоквиум по электрохимическим методам анализа
  4. Знакомство с приборами для ЭМА
  5. Обоснование выбора электродов в разных ЭМА
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.1.3. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Определение характеристик ионо-селективных электродов
  2. Массоперенос, критерии обратимости электрохимических систем
  3. Определение реальных потенциалов О-В систем
  4. Определение константы кислотности уксусной кислоты
  5. Определение ионов тяжелых металлов в растворе методом инверсионной вольтамперометрии
  6. Кулонометрическое определение аскорбиновой кислоты
- LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

## **Базовый**

### **5.2.1. Контрольная работа**

Примерный перечень тем

1. Классификация и теоретические основы электрохимических методов анализа
2. Оборудование для разных ЭМА. Устройство и принцип действия
3. Равновесие на границе электрод/раствор
4. Кинетика электрохимических реакций
5. Решение задач по разным ЭМА

Примерные задания

1. Метод амперометрического титрования. Его особенности по сравнению с потенциометрическим титрованием.
2. Режимы регистрации вольтамперных зависимостей (линейный, дифференциально-импульсный, квадратно-волновой и др.)
3. Двойной электрический слой (ДЭС). Модель Штерна. Модель Гуи-Чэпмена.
4. Диффузионная, концентрационная, активационная, кинетическая поляризации электродов.
5. Полярограммы  $50,0 \text{ см}^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ моль/дм}^3$  раствора  $\text{Cd}^{2+}$  регистрировали одну за другой в течение 30 мин. Предельный диффузионный ток составил  $4,0 \text{ мкА}$ . Рассчитайте долю ионов  $\text{Cd}^{2+}$ , восстановившихся за это время до  $\text{Cd}^0$

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Общие понятия и классификация электрохимических методов анализа
2. Потенциометрические методы анализа
3. Вольтамперометрические методы анализа
4. Кулонометрические методы анализа
5. Кинетические методы анализа
6. Решение задач по ЭМА

Примерные задания

1. Кинетика электрохимических реакций. Электродная реакция и массоперенос.
2. Основы метода хронопотенциометрии.
3. Особенности амперометрического титрования с двумя поляризованными электродами. Обратимые и необратимые электрохимические системы. Поляризация. Перенапряжение.
4. Внешнее и внутреннее электрогенерирование титранта в кулонометрическом титровании.
5. Молярная, удельная и эквивалентная электропроводность.
6. Ожидается, что в процессе восстановления кетона может участвовать один или два электрона. Для  $1,0 \cdot 10^{-3}$  моль/л раствора кетона предельный диффузионный ток равен 6,80 мкА. Рассчитайте число электронов, если коэффициент диффузии равен  $5 \cdot 10^{-6}$  см<sup>2</sup>/с, период капания 5 с и  $m = 2$  мг/с.
7. При кулонометрическом анализе раствора, содержащего кадмий и цинк, за время электролиза выделилось 0,1405 г осадка металлов. За то же время в серебряном кулонометре выделилось 0,2750 г серебра. Определите содержание цинка и кадмия (г) в растворе.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Электроды в разных электрохимических методах
  2. Виды и назначение электрохимического оборудования
  3. Прямые и косвенные ЭМА
  4. Расчетные приемы количественного электрохимического анализа
  5. Связь электродного потенциала с активностью потенциалопределяющих ионов в растворе
  6. Решение задач по ЭМА
- Примерные задания
1. Индикаторные электроды в методах полярографии и инверсионной вольтамперометрии
  2. Виды и назначение кулонометров. Принцип их работы
  3. Методы прямой потенциометрии и потенциометрического титрования. Типы реакций, используемых в потенциометрическом титровании.
  4. Алгоритмы определения содержания аналита методом градуировочного графика и методом добавок с построением графика.



5. Индикаторные электроды в рН-метрии. Выражения уравнения Нерста для них.

6. Масса ртути, вытекающая из капающего электрода за 100 с, равна 0,1960 г. Время жизни 10 капель ртути составило 43,2 с. При работе с этим капилляром для 0,0010 моль/дм<sup>3</sup> раствора Pb<sup>2+</sup> наблюдали ток 8,76 мкА. Для раствора с неизвестной концентрацией ионов свинца наблюдали ток 16,31 мкА для нового капилляра с периодом капания 6,13 с и скоростью вытекания ртути 3,85 мг/с. Рассчитайте неизвестную концентрацию ионов Pb<sup>2+</sup>

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Отчет по лабораторным работам № 1

Примерный перечень тем

1. Определение основных характеристик ионо-селективных электродов

Примерные задания

В соответствии с паспортом ИСЭ приготовить градуировочные растворы. С помощью индикаторного ИСЭ и хлорид-серебряного электрода сравнения измерить потенциалы градуировочных растворов в течение 15-300 с (шаг 15 с), определить стационарный потенциал и время его достижения. Построить градуировочный график, по которому определить область линейности электродной функции, предел обнаружения потенциалоопределяющего иона. В выводе охарактеризовать работоспособность ИСЭ.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.5. Отчет по лабораторным работам № 2

Примерный перечень тем

1. Расчет термодинамических и кинетических характеристик массопереноса в системах, полученных из экспериментальных вольтамперограмм

Примерные задания

Приготовить растворы нитрата калия, гексацианоферрата калия и аскорбиновой кислоты. Зарегистрировать с помощью вольтамперометрического анализатора Autolab циклические вольтамперограммы окисления гексацианоферрата калия и аскорбиновой кислоты. Оценить обратимость (по Рэндлсу-Шевчику) процессов и рассчитать по полученным данным число участвующих в процессе электронов (уравнение Котрелла).

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.6. Отчет по лабораторным работам № 3

Примерный перечень тем

1. Потенциометрическое определение уксусной кислоты. Расчет константы диссоциации

Примерные задания

Собрать электрохимическую установку, включающую рН-метр/иономер, индикаторный стеклянный электрод и хлорид-серебряный электрод сравнения, погруженные в электрохимическую ячейку с раствором уксусной кислоты. Приготовить и стандартизовать титрант NaOH, заполнить титрантом бюретку. В процессе титрования записывать значения рН. Построить интегральную и дифференциальную кривые титрования, определить объем титранта и рН в точке эквивалентности. По объему титранта в ТЭ определить содержание уксусной кислоты в растворе. По значению рН в ТЭ

определить константу диссоциации уксусной кислоты. В выводе отметить близость полученного значения константы диссоциации справочному значению.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.7. Отчет по лабораторным работам № 4**

Примерный перечень тем

1. Определение реального потенциала и концентрации аскорбиновой кислоты, цистеина, глутатиона потенциометрическим методом

Примерные задания

Приготовить фосфатный буферный раствор (рН 7,4). Реальный потенциал и концентрацию аскорбиновой кислоты (АК) в пробе определить при измерении потенциала (Е, мВ) в процессе титрования АК раствором  $K_3[Fe(CN)_6]$  в электрохимической ячейке, состоящей из индикаторного платинового электрода и хлоридсеребряного электрода сравнения. По полученным данным титрования построить график зависимости потенциала от концентрации добавленного  $K_3[Fe(CN)_6]$  (Е-V) и дифференциальный график (dE/dC-V). По графику определить объем титранта, пошедший на реакцию с аскорбиновой кислотой и реальный потенциал АК. Концентрацию АК в пробе рассчитать с использованием закона эквивалентов. Провести статистическую обработку результатов трех параллельных определений.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.8. Отчет по лабораторным работам № 5**

Примерный перечень тем

1. Инверсионно-вольтамперометрическое определение ионов меди и никеля в растворе

Примерные задания

Ознакомиться с работой программно-аппаратного комплекса «ИВА». Подготовить фоновый раствор HCl (для заполнения ячейки) и стандартный раствор определяемых ионов (для добавок). Подготовить поверхность рабочего электрода к анализу путем ее зачистки керамическим резцом. Регистрировать вольтамперограммы восстановления определяемых ионов в квадратно-волновом режиме (фон, фон + проба, фон + проба + добавка). Определить массовую концентрацию ионов меди (II) и никеля (II) в растворах.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.9. Отчет по лабораторным работам № 6**

Примерный перечень тем

1. Амперометрическое и кулонометрическое определение аскорбиновой кислоты

Примерные задания

1. Собрать электрохимическую установку, включающую источник питания, амперметр, подключенные электроды (индикаторный платиновый и хлоридсеребряный электрод сравнения). Задать выбранный потенциал. Ячейку заполнить исследуемым раствором. Бюретку заполнить стандартным раствором  $FeCl_3$ . Провести одно прикидочное (шаг 1 мл) и три точных титрования (шаг 0,1 мл в районе ТЭ). Построить кривую титрования, определить объем титранта в ТЭ и рассчитать содержание аскорбиновой кислоты в растворе.

2. Собрать электрохимическую установку, включающую анализатор кулонометрический "Эксперт-006", пару генераторных электродов и двухэлектродную

индикаторную систему для потенциометрического фиксирования ТЭ. Ознакомиться с управлением работой анализатора. Согласно методике провести анализ, с дисплея прибора списать значение количества затраченного на генерацию титранта электричества и рассчитать содержание аскорбиновой кислоты в растворе.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Определение коэффициентов активности, чисел переноса с применением метода ЭДС
2. Диффузия, конвекция, миграция. Их влияние на кинетику электродных процессов
3. Циклическая вольтамперометрия. Обратимость, квазиобратимость, необратимость
4. Заряжение двойного электрического слоя. Фарадеевский ток
5. Количественный вольтамперометрический анализ. Уравнение Ильковича
6. Электрохимическая импедансная спектроскопия
7. Мембранное равновесие. Мембранный потенциал. Ионселективные электроды

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-38	П-2	Коллоквиум Лабораторные занятия Лекции
			ПК-40	У-3 П-3	