МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____ Хагуров Т.А.
подпись
"31" мая 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.07 ТЕРМОДИНАМИКА И КИНЕТИКА ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление подготовки 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) Электрохимия

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация выпускника магистр

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины «Термодинамика и кинетика электродных процессов» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 13.07.2017 N 655 по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.04.01 Химия, профиль Электрохимия.

Рабочую программу составила:

Н.А. Кононенко, профессор кафедры
физической химии, д-р хим. наук

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры физической химии «29» апреля 2019 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой
физической химии Заболоцкий В.И

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 6 от «16» мая 2019 г.
Председатель УМК факультета
Стороженко Т.П.

Эксперты:

Стрижов Н.К., профессор кафедры стандартизации, сертификации и аналитического контроля ФГБОУ ВО «КубГТУ», д-р хим. наук.

Цюпко Т.Г., профессор кафедры аналитической химии ФГБОУ ВО «КубГУ», д-р хим. наук.

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью дисциплины является формирование у студентов системных знаний в области электродных процессов с учетом фундаментальных законов классической электрохимии.

1.2 Задачи дисциплины

Основные задачи дисциплины:

- сформировать знания об основных закономерностях электрохимической термодинамики: теории электродных потенциалов и электродвижущей силы в электрохимических системах, теории двойного электрического слоя на границе раздела металл/раствор электролита;
- сформировать знания по электродной кинетике: основным закономерностям диффузионной кинетики и теории вольтамперных характеристик электродных систем в условиях стационарной и нестационарной диффузии, теории замедленного разряда-ионизации;
- сформировать умения экспериментально исследовать основные характеристики электродных систем;
- сформировать у студентов навыки самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы, работы с учебной и научной литературой.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.0.07 «Термодинамика и кинетика электродных процессов» является обязательной в учебном плане по направлению подготовки 04.04.01 Химия. Изучение дисциплины «Термодинамика и кинетика электродных процессов» должно предшествовать изучению таких дисциплин, как «Современные методы исследования в электрохимии». При освоении данной дисциплины слушатели должны иметь знания по физической химии и электрохимии, умение работать с химической посудой и реактивами. В рамках данной дисциплины у студентов формируют знания, умения и навыки, которые обеспечат формирование компетенций, необходимых для успешной научно-исследовательской работы в выбранной области химии.

1.4 Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций: способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения (ОПК-1), способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук (ОПК-2)**.**

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знает	**умеет**	**владеет**
1.	ОПК-1	Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных	основные понятия в области классической электрохимии	выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в электродных системах	теоретическими представлениями о явлениях на межфазных границах электрод/раствор

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знает	**умеет**	**владеет**
		приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения			
2.	ОПК-2	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	методы исследования электродных систем	обобщать результаты экспериментального исследования электродных систем и выполнять теоретические расчеты	приемами статистической обработки экспериментальных данных; навыками представления полученных результатов в виде кратких отчетов

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач. ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			1	2		
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		**100,5**	**68,2**	**32,3**		
Занятия лекционного типа		48	32	16	-	-
Лабораторные занятия		36	36	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		16	-	16	-	-
		-	-	-	-	-
Иная контактная работа:						
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,5	0,2	0,3		
Самостоятельная работа, в том числе:		**124,8**	**75,8**	**49**		
Подготовка к текущему контролю		69	40	29	-	-
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ		55,8	35,8	20		
Контроль:		**26,7**	**-**	**26,7**		
Общая трудоемкость	**час.**	**252**	**144**	**108**	**-**	**-**
	в том числе контактная работа	**100,5**	**68,3**	**32,3**		
	зач. ед	**7**	**4**	**3**		

2.2 Структура дисциплины

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
	Семестр 1					
1.	Введение. Общие положения	26	6	-	-	20
2.	Основы электрохимической термодинамики	42	10	-	12	20
3.	Структура и свойства двойного электрического слоя на границе металл/раствор	40	8		12	20
4.	Методы экспериментального изучения строения двойного электрического слоя	35,8	8		12	15,8
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к промежуточной аттестации					
	Итого по разделам дисциплинам:	144	32	-	36	75,8
	Семестр 2					
5.	Основы кинетики электродных процессов	25	4	6	-	15
6.	Диффузионная кинетика	27	6	6	-	15
7.	Электрохимическая поляризация	29	6	4	-	19
	Итого по разделам дисциплинам:		16	16		49
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к промежуточной аттестации	26,7				
	Итого по разделам дисциплинам:	108	16	16		49
	Общая трудоемкость по дисциплине	252	48	16	36	124,8

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение. Общие положения	Теория равновесных потенциалов в двухфазной системе с разнородной проводимостью (металл/раствор электролита). Электрохимический потенциал, внутренний потенциал, гальванопотенциал. Понятие о внешнем и поверхностном потенциале, вольтапотенциал. Сущность проблем Вольта и её современное решение. Потенциалы нулевого заряда и механизм возникновения ЭДС	Устный опрос

2.	Основы электрохимической термодинамики	Основные термодинамические уравнения и связь между величиной ЭДС и термодинамическими характеристиками химической реакции в гальваническом элементе. Свободная энергия Гиббса, уравнения Нернста, Гиббса-Гельмгольца. Классификация электродов и электрохимических цепей. Возможности потенциометрии.	Устный опрос
3.	Структура и свойства двойного электрического слоя на границе металл/раствор	Причины образования ДЭС. Связь электрических и адсорбционных явлений на границе раздела фаз. Динамический характер электрохимического равновесия. Теоретическое и прикладное значение изучения строения ДЭС на границе электрод/раствор электролита.	Устный опрос
4	Методы экспериментального изучения строения двойного электрического слоя	Методы экспериментального изучения строения ДЭС: адсорбционный, емкостной, метод электрокапиллярных кривых. Теория электрокапиллярных явлений. Вывод основного уравнения электрокапиллярности и его анализ. Модельные представления о строении ДЭС.	Тест
5	Основы кинетики электродных процессов	Специфические особенности электрохимических процессов и отличия от химических: гетерогенность, наличие направленных потоков заряженных частиц, зависимость процесса от электрических параметров, скорость электродного процесса.	Устный опрос
6	Диффузионная кинетика	Закономерности диффузионной кинетики в стационарных условиях. Особенности кинетических уравнений в условиях нестационарной диффузии на ртутном капельном электроде. Полярографический метод анализа. Метод вращающегося дискового электрода.	Устный опрос
7	Электрохимическая поляризация	Электрохимическая поляризация (перенапряжение). Ток обмена. Основные уравнения теории замедленного разряда, их вид и анализ. Энергия активации электрохимической стадии. Уравнение Тафеля. Форма поляризационных кривых. Прикладные аспекты электрохимии.	Устный опрос

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование практических занятий	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	Методы экспериментального изучения строения двойного электрического слоя: адсорбционный, емкостной, метод капиллярных кривых и кривых заряжения.	Устный опрос

2.	Полярография	Устный опрос
3	Вращающийся дисковый электрод	Устный опрос
4	Прикладные аспекты электрохимии	Устный опрос

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	Измерение э.д.с. гальванических элементов Измерение э.д.с. концентрационных цепей. Изучение функции ионоселективных электродов. Потенциометрическое титрование.	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы
2.	Платинирование электродов для кондуктометрических измерений Изучение законов электролиза на примере реакции никелирования стальных электродов.	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы
3	Измерение вольтамперных характеристик электродной системы. Определение концентрации органических веществ методом адсорбционной полярографии	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы
4	Изучение выделения водорода из водных растворов кислот. Определение параметров уравнения Тафеля	Предварительный устный опрос по теме работы, защита лабораторной работы

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Подготовка отчета по лабораторной работе	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.
2.	Подготовка к устному опросу	Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). https://e.lanbook.com/book/58166#authors
3.	Подготовка к тесту	Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). https://e.lanbook.com/book/58166#authors
4.	Подготовка к зачету и	1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия:

	экзамену	учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). https://e.lanbook.com/book/58166#authors. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1 2. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии: Долгопрудный: Интеллект, 2008. 3. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика. Долгопрудный: Интеллект, 2010.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Для формирования компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование познавательных действий студентов.

Создание в учебной деятельности проблемных ситуаций и организация активной самостоятельной деятельности обучающихся по их разрешению приводит к творческому овладению знаниями, умениями, навыками, развитию мыслительных способностей. Работа с электронными базами данных, индивидуальные задания, дискуссии по обсуждаемым вопросам.

Мультимедийные презентации по теме занятия. Дискуссии по теме занятия. Устный опрос.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные и методические материалы

4.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущий контроль знаний осуществляется на каждом лабораторном и практическом занятии в виде устного опроса, обсуждения дискуссионных вопросов. Письменный контроль осуществляется в виде теста.

Вопросы для устного контроля знаний по разделам дисциплины
Раздел № 1 «Введение. Общие положения»

1. Какова классификация электрохимических систем?
2. Какие области применения электродных систем и процессов в электрохимии?
3. Чем отличается электрохимический потенциал от химического потенциала?
4. Что такое потенциал нулевого заряда?
5. Можно ли экспериментально измерить гальвани-потенциал?

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: знание основных понятий и терминологий в области электродных систем (ОПК-1).

Раздел № 2 «Основы электрохимической термодинамики»

1. Что такое свободная энергия электрохимической системы?
2. Что является причиной возникновения электродвижущей силы в системе?
3. В чем заключается компенсационный метод измерения ЭДС?
4. Как выводится уравнение Нернста?
5. Какова классификация электродов?
6. Чем отличается химический источник тока от концентрационного элемента?
7. Как рассчитать свободную энергию Гиббса и константу равновесия реакции, протекающей в гальваническом элементе?
8. Что нужно измерить экспериментально для оценки энтропии и энтальпии реакции, протекающей в гальваническом элементе?
9. Как составить электрохимическую цепь для измерения pH растворов электролитов?
10. Как экспериментально определить коэффициенты активности ионов?

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: знание основ электрохимической термодинамики; умение рассчитать термодинамические характеристики электрохимических систем; владение теоретическими основами межфазных явлений (ОПК-1).

Раздел № 3 «Структура и свойства двойного электрического слоя на границе металл/раствор»

1. Причины образования двойного электрического слоя (ДЭС) на границе раздела между электродом и раствором электролита.
2. Связь электрических и адсорбционных явлений на границе раздела фаз.
3. Строение ДЭС в присутствии поверхностно-активных органических веществ.
4. Электрохимическая ячейка для изучения строения ДЭС.
5. Электрокапиллярные явления и уравнения Липпмана. Эффекты изменения поверхностного натяжения от состава раствора и природы металла.
6. Теоретические представления двойного электрического слоя и основные модели Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна.

Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством: способен обобщать результаты экспериментального исследования электродных систем (ОПК-1).

Пример теста по разделу №4 «Методы экспериментального изучения строения двойного электрического слоя»

1. Для изучения границы раздела электрод/раствор используют ячейку:
   двухэлектродную
   трехэлектродную
   четырехэлектродную

2. Адсорбционный метод изучения ДЭС позволяет получить:
   электрокапиллярную кривую
   зависимость заряда ДЭС от потенциала
   поверхностное натяжение

3. Адсорбция органических веществ на электроде:
   повышает максимум на электрокапиллярной кривой
   понижает максимум на электрокапиллярной кривой
   не изменяет форму электрокапиллярной кривой

4. Какая модель представляет ДЭС в виде плоского конденсатора:

Гельмгольца
Гуи-Чампена
Штерна

5. Адсорбция вещества на межфазной границе описывается уравнением:

Гиббса
Нернста
Дебая

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством:
знание методов исследования ДЭС; умение выявить причинно-следственные связи в электрохимическом поведении электродных систем; владение базовыми навыками использования современной аппаратуры при изучении электродных систем (ОПК-2).

Раздел № 5 «Основы кинетики электродных процессов»

1. Каковы отличия электрохимических процессов от химических?
2. Из каких стадий состоит электродный процесс?
3. Какая стадия может лимитировать процесс?
4. Что является критерием скорости электрохимического процесса?
5. Каковы механизмы массопереноса в электродной системе

Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством: способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в электрохимии (ОПК-2).

Раздел № 6 «Диффузионная кинетика»

1. Каковы закономерности диффузионной кинетики в стационарных условиях?
2. Каковы особенности кинетических уравнений в условиях нестационарной диффузии на ртутном капельном электроде?
3. В чем сущность полярографического метода анализа?
4. В чем сущность метода вращающегося дискового электрода?
5. Какие факторы влияют на концентрационную поляризацию в электродной системе?

Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством: способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в электрохимии (ОПК-2).

Раздел № 7 «Электрохимическая поляризация»

1. Что такое ток обмена?
2. Каковы основные уравнения теории замедленного разряда?
3. В чем физический смысл параметров уравнения Тафеля?
4. Каков механизм элементарного акта в стадии разряда-ионизации?
5. Каковы прикладные аспекты электрохимии?

Перечень части компетенций, проверяемых оценочным средством: способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в электрохимии (ОПК-2).

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация

1	Введение. Общие положения.	ОПК-1	Устный опрос	Вопросы для подготовки к экзамену № 1-3
2	Основы электрохимической термодинамики.	ОПК-1	Устный опрос. Выполнение и защита лабораторных работ.	Вопросы для подготовки к экзамену № 4-8
3	Структура и свойства двойного электрического слоя на границе металл/раствор.	ОПК-1	Устный опрос	Вопросы для подготовки к экзамену № 9, 10
4	Методы экспериментального изучения строения двойного электрического слоя.	ОПК-2	Тест.	Вопросы для подготовки к экзамену № 11, 12
5	Основы кинетики электродных процессов.	ОПК-2	Устный опрос	Вопросы для подготовки к экзамену № 13
6	Диффузионная кинетика.	ОПК-2	Устный опрос. Выполнение и защита лабораторной работы.	Вопросы для подготовки к экзамену № 14-18
7	Электрохимическая поляризация.	ОПК-2	Устный опрос. Выполнение и защита лабораторной работы.	Вопросы для подготовки к экзамену № 19-22

Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

Код и наименование компетенций	**Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания**		
	пороговый	**базовый**	**продвинутый**
	Оценка		
	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ОПК-1 Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов,	Имеет *отрывочные знания* основных понятий и терминологии в области классической электрохимии;	*Знает с некоторыми пробелами* основные понятия и терминологию в области классической электрохимии	*Знает* назначение, область применения, классификацию и принцип действия электрохимических систем.
	Умеет определять термодинамические характеристики электрохимических систем с небольшими ошибками	*Умеет* определять термодинамические характеристики электрохимических систем.	*Умеет* выявлять причинно-следственные связи в электрохимических системах.

программного обеспечения и баз данных профессионального назначения	*Владеет* основами межфазных явлений и отдельными методами исследования строения двойного электрического слоя	*Владеет* основными методами исследования строения двойного электрического слоя	*Владеет* теоретическими основами межфазных явлений и методами исследования строения двойного электрического слоя
ОПК-2 способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	Имеет *отрывочные знания* основных понятий и терминологии в области кинетики электродных процессов	*Знает с некоторыми пробелами* основные понятия и терминологию в области кинетики электродных процессов.	Имеет *полные и глубокие знания* основных закономерностей кинетики электродных процессов
	Умеет обрабатывать экспериментальные данные, пользоваться учебной литературой, сетью Интернет;	*Умеет* обрабатывать и интерпретировать результаты экспериментальных исследований; пользоваться учебной и научной литературой, сетью Интернет;	*Умеет* анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и теоретических исследований; пользоваться учебной и научной литературой, сетью Интернет
	Владеет отдельными методами исследования электродных процессов	*Владеет* основными методами исследования электродных процессов	*Владеет* базовыми навыками использования современной аппаратуры при изучении электродных систем

Зачтено-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет, экзамен)

4.2.1 Вопросы для подготовки к зачету

1. Электрохимический потенциал, потенциал Гальвани, потенциал Вольта.
2. Классификация электродов, стандартные электродные потенциалы.
3. Классификация цепей. Химические и концентрационные элементы.
4. Применение метода измерения ЭДС для определения различных физико-химических величин: измерения pH растворов электролитов, измерения коэффициентов активности ионов,
5. Применение метода измерения ЭДС для определения характеристических функций химических реакций, протекающих в гальванических элементах (изменение свободной энергии Гиббса, энтропии и энтальпии).
6. Методы экспериментального исследования двойного электрического слоя.
7. Адсорбция органических веществ на электроде.
8. Электрокапиллярные явления и уравнения Липпмана.
9. Эффекты изменения поверхностного натяжения от состава раствора и природы металла.
10. Теоретические представления двойного электрического слоя и основные модели Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна.

4.2.2 Вопросы для подготовки к экзамену

1. Классификация электрохимических систем.
2. Области применения электродных систем и процессов в электрохимии.
3. Краткая история формирования основ теоретической электрохимии.
4. Электрохимическая термодинамика, электрохимический потенциал и электродные потенциалы.
5. Свободная энергия электрохимической системы и электродвижущая сила гальванических элементов. Уравнение Нернста.
6. Классификация электродов, стандартные электродные потенциалы.
7. Классификация цепей. Химические и концентрационные элементы.
8. Применение метода измерения ЭДС для определения различных физико-химических величин.
9. Образование и строение двойного электрического слоя на границе раздела между электродом и раствором электролита.
10. Электрокапиллярные явления и уравнения Липпмана. Эффекты изменения поверхностного натяжения от состава раствора и природы металла.
11. Методы экспериментального исследования двойного электрического слоя.
12. Теоретические представления двойного электрического слоя и основные модели Гельмгольца, Гуи-Чапмена, Штерна.
13. Кинетика электродных процессов. Основные механизмы доставки вещества к поверхности электрода из раствора.
14. Уравнение концентрационной поляризации и его анализ. Метод поляризационных кривых.
15. Концентрационная поляризация в системе с капающим ртутным электродом. Основы полярографии.
16. Полярография на твёрдых электродах. Метод вращающегося дискового электрода.
17. Разновидности метода вращающегося дискового электрода: вращающийся дисковый электрод с кольцом, вращающийся мембранный электрод.
18. Диффузионный слой на границе раздела металл/раствор электролита, методы его исследования и управления скоростью электродного процесса.
19. Электрохимическая поляризация и перенапряжение реакции. Уравнение Тафеля для описания взаимосвязи между перенапряжением и плотностью тока. Константы уравнения Тафеля.
20. Теория замедленного разряда на примере реакции электровосстановления водорода.
21. Релаксационные методы определения кинетических параметров электрохимических реакций. Гальваностатический и потенциодинамический методы.
22. Прикладные аспекты кинетики электродных процессов.

4.2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания лабораторных работ

Защита лабораторных работ происходит в виде собеседования с преподавателем с обязательной проверкой преподавателем лабораторного журнала студента. Для успешной защиты лабораторной работы студент должен предоставить лабораторный журнал, оформленный в соответствии с установленными требованиями: отметка о выполнении экспериментальной части работы; необходимые расчеты согласно методическим указаниям к выполнению лабораторных работ с указанием размерностей полученных величин; графики и рисунки в соответствии с требования лабораторного практикума. На основании

полученных результатов студенты должны сформулировать и записать вывод, который должен быть согласован с заявленными целями и/или задачами лабораторной работы. Вывод должен содержать необходимую количественную информацию. В ходе устной беседы студент должен продемонстрировать знание целей и задач выполненной работы, законов, которые лежат в основе наблюдаемых в ходе работы явлений, продемонстрировать умение анализировать полученную информацию и делать на ее основе выводы. Беседа включает опрос по контрольным вопросам к лабораторной работе. В этом случае в лабораторном журнале на соответствующей работе ставится пометка «зачтено», роспись преподавателя, принявшего работу, и дата защиты работы. После этого лабораторная работа считается выполненной. Допускается защита лабораторных работ индивидуально или в составе малых групп обучающихся, совместно выполнявших данную работу.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания устного опроса по темам

Форма проведения – собеседование.

Продолжительность опроса – 30 минут.

Студенты проходят собеседование с преподавателем, который опрашивает студентов для выявления знания основных положений раздела дисциплины по вопросам к устному опросу. Опрос проводится фронтально с обсуждением дискуссионных вопросов.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» студент активно участвует в ответе на вопросы, владеет теоретическими знаниями по данному разделу, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять материал, иллюстрируя его примерами.

- оценка «не зачтено» студент не участвует в ответе на вопросы, неправильно отвечает на вопросы или делает существенные ошибки, затрудняется привести примеры, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания теста

После изучения темы 5 проводится тестирование. Тесты представляют собой ряд заданий, в которых студенты должны подчеркнуть правильный ответ или написать свой вариант правильного ответа. Выполнение обучающимся тестовых заданий демонстрирует освоение им профессиональной компетенции ПК-3. За каждый правильный ответ выставляется один балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы. Оценка определяется количеством правильных ответов.

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки	Показатель оценки сформированной компетенции
Пороговый	Обучающийся воспроизводит термины, основные понятия, способен узнавать языковые явления.	Не менее 3 баллов за задания теста.
Базовый	Обучающийся выявляет взаимосвязи, классифицирует, упорядочивает, интерпретирует, применяет на практике пройденный материал.	Не менее 4 баллов за задания теста
Продвинутый	Обучающийся анализирует, оценивает, прогнозирует, конструирует.	Не менее 5 баллов за задания теста
	Компетенция не сформирована	Менее 3 баллов за задания теста.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

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

Для лиц с нарушениями зрения:
– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Пример экзаменационных билетов

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Направление подготовки – 04.04.01 Химия
Магистерская программа – Электрохимия
Кафедра физической химии
Дисциплина «Термодинамика и кинетика электродных процессов»

Экзаменационный билет № 1

1. Электродвижущая сила гальванического элемента и её измерение.
2. Уравнение концентрационной поляризации в электродной системе.

Заведующий кафедрой _____ В.И. Заболоцкий

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Химия». Спб.: Лань. 2015. 2 шт. (0.04). https://e.lanbook.com/book/58166#authors

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

5.2 Дополнительная литература

1. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии: Долгопрудный:

Интеллект, 2008.
2. В.В. Еремин и др. Основы физической химии: учебное пособие для студентов вузов. Ч. 1, 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 263 с.

5.3 Периодические издания

Журнал «Электрохимия»
"Журнал физической химии"

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Общие рекомендации

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- работу с Интернет - источниками;
- подготовка к зачету.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, полученный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в рабочей программе дисциплины.

Работа с конспектом лекций

Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Регулярно отводите время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Выполнение лабораторных работ

На занятии получите у преподавателя график выполнения лабораторных работ. Обзаведитесь всем необходимым методическим обеспечением. Перед посещением лаборатории изучите теорию вопроса, предполагаемого к исследованию, ознакомьтесь с руководством по соответствующей работе и подготовьте протокол проведения работы, в который занесите:

- название работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;
- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента;
- расчетные формулы.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы в лаборатории. Для подготовки к защите отчета следует проанализировать экспериментальные результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению лабораторных работ.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) - дополнительное разъяснение учебного материала. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения.

7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

7.1 Перечень информационно-телекоммуникационных технологий

7.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)
Программное обеспечение для слабовидящих.

7.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. http://elibrary.ru/ Научная электронная библиотека
2. www.scopus.com - Scopus (SciVerse Scopus) мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.
3. http://cyberleninka.ru/about – Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»
4. http://www.sciencedirect.com – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

8. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Наименование учебной аудитории, ее оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ауд. 332с, 334с, 406с, 416с).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория «Мембранного материаловедения» (ауд.345с), предназначенная для проведения практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Термодинамика и кинетика электродных процессов», укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения, снабжена демонстрационным стендом «Ионообменные материалы», руководствами для выполнения лабораторных работ и практических занятий, учебно-лабораторным оборудованием, реактивами для химического эксперимента. В необходимом количестве имеются химические реактивы: растворы солей, кислот, щелочей, индикаторов. Имеется химическая посуда: стаканы, колбы, пипетки, бюретки для титрования, а также электрохимические ячейки: кондуктометрическая ячейка для измерения сопротивления растворов, ячейки для измерения сопротивления мембран контактным и разностным методами, диффузионная ячейка. В лаборатории имеются лабораторные установки для исследования основных характеристик ионообменников, включающие приборы: потенциостат AUTOLAB PGSTAT302, мульти-

		метры универсальные настольные, иономер-pH-метр. Имеются весы аналитические, шейкер лабораторный LS110, компьютеры для обработки экспериментальных данных на лабораторных занятиях.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория (ауд. 322с, 332с, 345с).
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория (ауд. 322с, 332с, 126с, 334с).
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (ауд.329с).