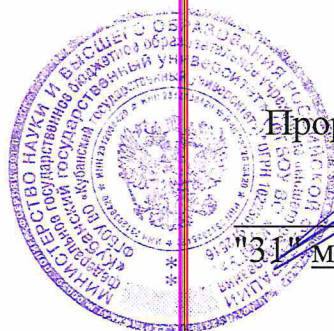


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет химии и высоких технологий



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
и инновациям, профессор
М.Г. Барышев

«31» мая _____ 2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.1 ЭЛЕКТРОХИМИЯ (КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН)

Направление подготовки
04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль) программы
02.00.05 Электрохимия

Квалификация выпускника:
Исследователь. Преподаватель-Исследователь

Форма обучения
очная, заочная

Краснодар 2019

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.1 «Электрохимия (кандидатский экзамен)» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869 по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль 02.00.05 Электрохимия.

Рабочую программу составил:

д-р хим. наук, профессор Заболоцкий В.И.



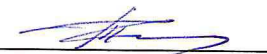
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической химии «29» апреля 2019 г. протокол № 13.

Заведующий кафедрой физической химии
д-р хим. наук, профессор Заболоцкий В.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета «16» мая 2019 г. протокол № 6.

Председатель УМК факультета
канд. хим. наук, доцент Стороженко Т.П.



Зав. отделом аспирантуры
д-р физ.-мат. наук, доцент Строганова Е.В.



1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Обеспечение профессиональной подготовки аспирантов в области электрохимии и электрохимических производств.

Рабочая программа дисциплины разработана на основании программы - минимума кандидатского экзамена по специальности 02.00.05 «Электрохимия» по химическим, физико-математическим и техническим наукам, утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274, разработанной экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по химии (по неорганической химии) при участии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Института электрохимии РАН и Института физической химии РАН.

1.2 Задачи дисциплины

Формирование готовности

- формулировать общие, специфические и частные задачи в области электрохимии и электрохимических производств;
- осуществлять отбор и реализацию содержания учебного материала в области электрохимии и электрохимических производств в соответствии с целями и задачами подготовки специалистов по специальности «электрохимия»;
- выбирать и реализовывать электрохимические технологии для решения различных научно-технических задач;
- выбирать оптимальный для выполнения конкретной научной или научно-технической задачи метод исследования;
- представлять результаты научных исследований в области электрохимии в научно-популярном виде и транслировать их посредством средств массовой информации;
- использовать современные достижения в области электрохимии и смежных дисциплин для разработки новых методов исследования и новых электрохимических технологий.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б.1 «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность 02.00.05 Электрохимия. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания по дисциплинам «Физикохимия ионообменных материалов», «Современные электромембранные процессы и технологии», «Электрохимия наносистем». Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении дисциплины, могут быть использованы при изучении дисциплины «Фундаментальные основы оптимизации и интенсификации мембранных процессов», в ходе прохождении научно-производственной практики и выполнения научных исследований.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование универсальной компетенции УК-2, общепрофессиональных ОПК-1, ОПК-2 и профессиональной компетенции ПК-1.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	УК-2	Способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.	методы научно-исследовательской деятельности (Шифр: 3 (УК-2)-1)		
2	ОПК-1	Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	основные закономерности протекания электрохимических процессов (Шифр: 3 (ОПК-1) – 3)		навыками планирования, постановки и выполнения экспериментов для изучения электрохимических систем и процессов (Шифр: В (ОПК-1) – 1)
3	ОПК-2	Готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук	актуальные научные проблемы в области электрохимических процессов и технологий и пути их решения исходя из современного уровня химии и смежных дисциплин	выявлять наиболее актуальные темы научно-исследовательской работы в профессиональной области (Шифр: У (ОПК-2) – 1)	

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
			(Шифр: 3 (ОПК-2) – 1)		
4	ПК-1	Способностью применять основные принципы, теории и концепции современной электрохимии для решения фундаментальных и прикладных задач	основные научно-исследовательские задачи, которые приходится решать при разработке новых электрохимических технологий (Шифр: 3 (ПК-1) -2)		навыками применения теоретических представлений современной электрохимии и смежных дисциплин для решения практических задач (Шифр: В (ПК-1) -2)

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс			
		3	—		
Аудиторные занятия (всего)	44	44	-		
В том числе:					
Занятия лекционного типа	18	18	-	-	-
Лабораторные занятия	18	18	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	8	8	-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	28	28	-	-	-
В том числе:					
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	14	14	-	-	-
Подготовка к текущему контролю	14	14			
			-	-	-
Контроль:					
Подготовка к экзамену	36	36			
Общая трудоёмкость	час зач. ед.	108	108		
		3	3		

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс			
		5	—		
Аудиторные занятия (всего)	22	22	-/-		
В том числе:			-/-		
Занятия лекционного типа	8	8	-/-		
Лабораторные занятия	10	10	-/-		
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	4	4	-/-		
Самостоятельная работа (всего)	50	50	-/-		
В том числе:			-/-		
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	32	32	-/-		
Подготовка к текущему контролю	18	18	-/-		
			-/-		
Контроль:					
Подготовка к экзамену	36	36	-/-		
Общая трудоемкость час 3 зач. ед.	108	108	—		

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Очная форма обучения

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Предмет и структура современной электрохимии. Место электрохимии среди других наук. Основные исторические этапы развития электрохимии. Области применения электрохимии. Современные электрохимические производства. Электромембранные технологии.	6	2			4
2	Термодинамика растворов электролитов. Энергия и энтропия сольватации ионов. Коэффициенты активности ионов, методы их определения.	14	2	4	6	2

3	Классическая теория Дебая-Хюккеля. Современное состояние теории растворов электролитов. Методы исследования растворов электролитов	4	2			2
4	Электропроводность растворов электролитов. Числа переноса, подвижности отдельных ионов. Электрофоретический и релаксационный эффекты. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена). Структура и электропроводность неводных растворов, расплавов, твердых и полимерных электролитов.	10	2		6	2
5	Термодинамика гальванического элемента, уравнение Гиббса-Гельмгольца. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей, на мембранах и ион-селективных электродах. Электрохимические сенсоры и принципы их работы.	8	2	2		4
6	Двойной электрический слой, механизм его образования, импеданс электрода и эквивалентные электрохимические схемы. Классические и современные методы изучения границы раздела электрод-раствор, Двойной электрический слой на границе мембрана-раствор.	4	2			2
7	Кинетика электродных процессов. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Кинетические и каталитические токи. Методы установления механизма электрохимических реакций.	12	2	2	6	2
8	Фундаментальные аспекты электрохимии проводящих полимеров. Явления электрохимической интеркаляции. Проблемы биоэлектрохимии.	4	2			2
9	Электрохимические производства. Первичные и вторичные источники тока Современные химические источники тока (литиевые источники тока,	10	2			8

	суперконденсаторы). Топливные элементы.					
	Контроль	36				
	Итого:	108	18	8	18	28

Заочная форма обучения

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоя-тельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1	Предмет и структура современной электрохимии. Место электрохимии среди других наук. Современные электрохимические производства. Электромембранные технологии. Основы электрохимической термодинамики.	12	2			10
2	Классическая теория Дебая-Хюккеля. Современное состояние теории растворов электролитов. Методы исследования растворов электролитов. Структура и электропроводность неводных растворов, расплавов, твердых и полимерных электролитов.	20	2	2	4	12
3	Двойной электрический слой. Классические и современные методы изучения границы раздела электрод-раствор, Двойной электрический слой на границе мембрана-раствор.	12	2			10
4	Основы кинетики электродных процессов. Методы установления механизма электрохимических реакций.	28	2	2	6	18
	Контроль	36				
	Итого:	108	8	4	10	50

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение в электрохимию.	Предмет и структура современной электрохимии. Место электрохимии среди других наук. Основные исторические этапы развития электрохимии. Области	Устный опрос, коллоквиум

		применения электрохимии. Современные электрохимические производства. Электромембранные технологии.	
2.	Термодинамика растворов электролитов	Термодинамика растворов электролитов. Энергия и энтропия сольватации ионов. Коэффициенты активности ионов, методы их определения.	Коллоквиум
3.	Теория Дебая-Хюккеля	Классическая теория Дебая-Хюккеля. Современное состояние теории растворов электролитов. Методы исследования растворов электролитов	Коллоквиум. Контрольная работа №1
4.	Электропроводность растворов электролитов	Электропроводность растворов электролитов. Числа переноса, подвижности отдельных ионов. Электрофоретический и релаксационный эффекты. Эффекты Вина и Дебая-Фалькенгагена). Структура и электропроводность неводных растворов, расплавов, твердых и полимерных электролитов.	Коллоквиум. Защита лабораторной работы
5.	Термодинамика гальванического элемента	Термодинамика гальванического элемента, уравнение Гиббса-Гельмгольца. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей, на мембранах и ион-селективных электродах. Электрохимические сенсоры и принципы их работы.	Коллоквиум, защита лабораторной работы
6.	Двойной электрический слой	Двойной электрический слой, механизм его образования, импеданс электрода и эквивалентные электрохимические схемы. Классические и современные методы изучения границы раздела электрод-раствор. Двойной электрический слой на границе мембрана-раствор.	Коллоквиум. Контрольная работа №2
7.	Электродная кинетика	Кинетика электродных процессов. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Кинетические и каталитические токи. Методы установления механизма электрохимических реакций.	Коллоквиум
8.	Основы мембранной электрохимии	Фундаментальные аспекты электрохимии проводящих полимеров. Явления электрохимической интеркаляции. Проблемы биоэлектрохимии.	Защита лабораторной работы
9.	Электрохимические производства и источники тока.	Электрохимические производства. Первичные и вторичные источники тока. Современные химические источники тока (литиевые источники тока,	Коллоквиум

		суперконденсаторы). элементы.	Топливные	
--	--	----------------------------------	-----------	--

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
2.	Термодинамика растворов электролитов	Расчет физико-химических характеристик растворов электролитов на основании результатов измерения ЭДС электрохимических цепей.	Коллоквиум
3.	Теория Дебая-Хюккеля	Вычисление коэффициентов активности электролитов.	Коллоквиум. Контрольная работа №1
4.	Электропроводность растворов электролитов	Электропроводность и числа переноса растворов электролитов	Коллоквиум. Защита лабораторной работы
5.	Термодинамика гальванического элемента	Температурная зависимость ЭДС гальванического элемента. Расчет термодинамических функций гальванического элемента.	Коллоквиум, защита лабораторной работы
6.	Двойной электрический слой	Ёмкость и строение двойного электрического слоя.	Коллоквиум. Контрольная работа №2
7.	Электродная кинетика	Определение механизма электродного процесса на основе электрохимических измерений	Коллоквиум
8.	Основы мембранной электрохимии	Электропроводность, числа переноса и мембранный потенциал для различных электрохимических систем.	Защита лабораторной работы

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
4.	Электропроводность растворов электролитов	Измерение электропроводности жидких и твердых проводников электрического тока	Защита лабораторной работы
5.	Термодинамика гальванического элемента	Исследование зарядно-разрядных характеристик химических источников тока	Защита лабораторной работы
8.	Основы мембранной электрохимии	Исследование вольтамперных характеристик ионообменных мембран методом вращающегося дискового электрода.	Защита лабораторной работы

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы – не предусмотрены

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

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе с дальнейшим их обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных, библиотечным фондам и сети Интернет.

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Введение в электрохимию	<p>1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. 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.</p>
2	Термодинамика растворов электролитов	<p>1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. 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.</p>
3	Теория Дебая-Хюккеля	<p>1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов /</p>

		<p>Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. 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.</p>
4	Электропроводность растворов электролитов	<p>1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. 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.</p>
5	Термодинамика гальванического элемента	<p>1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. 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.</p>
6	Двойной электрический слой	<p>1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166. — Загл. с экрана.</p> <p>2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. 568 с.</p>

		3. 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.
7	Электродная кинетика	1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166 . — Загл. с экрана. 2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92. 3. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. 568 с. 3. 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.
8	Основы мембранной электрохимии	1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166 . — Загл. с экрана. 2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92. 3. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева [Электронный ресурс] : М.: Научный мир, 2013. – 611 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1 3. 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.
9	Электрохимические производства и источники тока	1. Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/58166 . — Загл. с экрана. 2. Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008.

	<p>- 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.</p> <p>3. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева [Электронный ресурс] : М.: Научный мир, 2013. – 611 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1</p> <p>4. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 513 с.</p> <p>3. 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.</p>
--	--

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 профессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование познавательных действий студентов. В рамках практических и лабораторных занятий применяются методы проектного обучения, исследовательские методы.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателя. В процессе самостоятельной деятельности студенты осваивают и анализируют передовой педагогический опыт, используя имеющуюся литературу и информационные технологии. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимую коррекцию, как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации аспирантов

4.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерная контрольная работа № 1
по дисциплине «Электрохимия (кандидатский экзамен)»

ВАРИАНТ № 1

1. На основании справочных данных о подвижности ионов и электропроводности при бесконечном разбавлении (для ионов Na^+ $\lambda^0 = 44,4 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}$, ионов H^+ $\lambda^0 = 315$ и CH_3COONa $\lambda^0 = 78,1$) определить значение константы диссоциации уксусной кислоты, если её удельная электропроводность при концентрации $C=0,002 \text{ М}$ равна $4,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$.
2. Как изменится растворимость $AgBrO_3$ в водном растворе $0,1 \text{ М}$ раствора $AgNO_3$ по сравнению с его растворимостью в чистой воде ($S=0,0081 \text{ моль/л}$).
3. Будут ли отличаться средне-ионные коэффициенты активности $\gamma_{\pm} NaCl$ в водном растворе и в растворе этилового спирта, если концентрация соли в обоих случаях одинаковая.

Примерная контрольная работа
по дисциплине «Электрохимия (кандидатский экзамен)»

ВАРИАНТ № 1

1. Рассчитать ток обмена i_0 для реакции разряда $(H_3O)^+$ на ртутном электроде, если коэффициенты уравнения Тафеля равны: $a=1,41 \text{ В}$; $b=0,116 \text{ В}$.
2. Рассчитать коэффициенты диффузии Tl^+ , если предельный диффузионный ток в растворе $0,001 \text{ М } TlNO_3 + 1 \text{ М } KCl$ равен $i_{\text{диф.}} 3,03 \text{ мкА/см}^2$.
3. Отличаются ли уравнения Фольмера и Фрумкина для описания процесса перенапряжения водорода? Дайте развернутый ответ.

Пример задания коллоквиума № 1

1. Предмет и структура современной электрохимии.
2. Основные положения теории Дебая-Хюккеля.
3. Электродный потенциал. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.

Пример задания коллоквиума № 2

1. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей. Диффузионный потенциал.
2. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена.
3. Топливные элементы, их классификация.

Оценочные средства для 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.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме кандидатского экзамена.

Программа кандидатского экзамена по специальности 02.00.05 Электрохимия

1. Общие вопросы

Предмет и структура современной электрохимии. Место электрохимии среди других наук. Основные исторические этапы развития электрохимии. Области применения электрохимии и перспективы ее дальнейшего развития.

2. Равновесные и неравновесные свойства электролитов

Ион-дипольное взаимодействие и причины устойчивости ионных систем. Термодинамические и модельные методы расчета энергии сольватации. Химическая и реальная энергии сольватации. Энтропия сольватации ионов. Динамическая теория сольватации и понятие об отрицательной гидратации. Термодинамика растворов электролитов. Коэффициенты активности ионов и методы их определения. Равновесия в растворах электролитов. Методы определения констант равновесия. Теория кислот и оснований. Виды ион-ионного взаимодействия в растворах электролитов, ассоциация ионов. Вывод уравнений теории Дебая—Хюккеля для потенциала ионной атмосферы и для коэффициента активности. Применение теории Дебая—Хюккеля к растворам сильных и слабых электролитов. Современное состояние теории растворов электролитов. Типы растворителей и их свойства. Корреляционные подходы к сравнению свойств

растворителей. Спектроскопические методы исследования растворов электролитов. Состояние ионов в растворе.

Неравновесные явления в растворах электролитов: диффузия, миграция и ионные реакции. Уравнения Нернста—Эйнштейна и Нернста—Планка. Диффузионный потенциал. Понятие удельной и эквивалентной электропроводности. Закон Кольрауша. Числа переноса и методы их определения. Подвижности отдельных ионов, их определение и зависимость от ионного радиуса, концентрации электролита и от температуры раствора. Аномальная подвижность. Влияние вязкости среды на транспортные явления в растворах. Интерпретация явлений электропроводности с точки зрения теории Дебая—Хюккеля (электрофоретический и релаксационный эффекты; уравнение Онсагера; эффекты Вина и Дебая—Фалькенгагена). Представление о структуре и электропроводности неводных растворов, расплавов и твердых электролитов. Полимерные электролиты. Растворы, содержащие сольватированные электроны.

3. Основы термодинамики гетерогенных электрохимических систем

Понятие об электрохимическом потенциале. Условие электрохимического равновесия на отдельной межфазной границе и в электрохимической цепи. Скачки потенциала на границах раздела фаз; разности потенциалов Гальвани и Вольта. Понятие электродного потенциала; стандартный электродный потенциал. Уравнение Нернста. Концепция электронного равновесия на границе электрод—раствор. Взаимные превращения химической и электрической энергии в электрохимической системе. Термодинамика гальванического элемента; уравнение Гиббса—Гельмгольца. Методы определения коэффициентов активности, констант равновесия ионных реакций и чисел переноса на основе измерений электродвижущих сил. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей, на мембранах и ион-селективных электродах. Принцип работы стеклянного электрода. Электрохимические сенсоры.

4. Двойной электрический слой и явления адсорбции на межфазных границах

Механизм образования и принципы экспериментальных методов изучения двойного электрического слоя. Электрокапиллярные явления на жидких и твердых электродах. Поверхностный избыток, адсорбционное уравнение Гиббса. Вывод и проверка общего уравнения электрокапиллярности. Зависимость пограничного натяжения от потенциала, состава раствора, температуры и природы металла. Понятие о полном и свободном заряде электрода. Потенциалы нулевого свободного и нулевого полного заряда; методы их определения. Термодинамическая теория поверхностных явлений на металлах, адсорбирующих водород и кислород. Проблемы Вольта и абсолютного скачка потенциала. Импеданс электрода и эквивалентные электрохимические схемы. Емкость двойного электрического слоя; ее зависимость от потенциала электрода, состава раствора и его концентрации. Роль металлической обкладки в строении двойного электрического слоя. Методы изучения двойного слоя на металлах группы платины: адсорбционный метод, методы кривых заряжения, вольтамперометрии, изоэлектрических сдвигов потенциала, радиоактивных индикаторов. Оптические и рентгеновские методы изучения границы раздела электрод-раствор. Физические методы *ex situ*. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия и другие зондовые методы. Сканирующая электрохимическая микроскопия. Двойной слой на границе раствор—воздух. Модельные теории двойного слоя. Вывод уравнений для заряда электрода в теориях Гуи-Чапмена, Штерна и Грэма. Эффект Есина-Маркова. Явление частичного переноса заряда при адсорбции ионов. Гидрофильность поверхности. Методы изучения и теория обратимой адсорбции органических соединений на электродах. Двумерные фазовые слои и фазовые

переходы в поверхностных слоях. Методы изучения и характерные особенности адсорбции органических веществ на металлах платиновой группы.

Строение двойного слоя на оксидных и полупроводниковых электродах. Двойной электрический слой на границе электрод/расплав и электрод/твердый электролит.

Кристаллографическая структура поверхности и ее роль в строении двойного электрического слоя. Понятие о фрактальных поверхностях. Методы определения величины истинной поверхности электродов.

5. Кинетика электродных процессов

Общая характеристика электродных процессов и понятие лимитирующей стадии. Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Стационарная диффузия при разряде ионов на одноименном металле, на ртути и на амальгаме и роль явлений миграции в этих процессах. Теория конвективной диффузии. Вращающийся дисковый электрод и его использование для изучения электрохимической кинетики. Вращающийся дисковый электрод с кольцом. Нестационарная диффузия к плоскому и сферическому электродам при постоянном потенциале. Теория полярографического метода. Полярографические максимумы и их теоретическая интерпретация. Вольтамперометрия. Осциллографическая полярография. Диффузионный импеданс. Различные виды полярографии на переменном токе. Хронопотенциометрия. Основные принципы и блок-схемы релаксационных методов изучения электрохимической кинетики (импульсный потенциостатический метод, импульсный и двухимпульсный гальваностатические методы, кулоностатический метод, методы фарадеевского импеданса и фарадеевского выпрямления). Электрохимическая импедансная спектроскопия. Тонкослойные методы. Ультрамикроэлектроды. Метод кварцевого микровзвешивания. Представления о работе пористого электрода, суспензионных и флюидизированных электродов.

Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена. Зависимость скорости реакции от температуры. Идеальная и реальная энергии активации. Влияние структуры двойного электрического слоя и природы электрода на скорость стадии разряда. Процессы электровосстановления ионов гидроксония и анионов на электродах с высоким перенапряжением выделения водорода. Роль работы выхода электрона в кинетике электродных процессов. Фотоэмиссия электронов из металла в раствор. Электрохимическая генерация сольватированных электронов. Особенности электрохимической кинетики на полупроводниковых электродах. Теория и методы изучения электрохимических процессов, включающих гомогенные или гетерогенные химические стадии.

Кинетические и каталитические токи. Влияние комплексообразования на кинетику электродных реакций.

Стадийный перенос электронов в электрохимических реакциях. Механизм реакции выделения водорода и электровосстановления кислорода на различных электродах. Роль адсорбции поверхностно-активных веществ в электрохимической кинетике. Кинетика электрохимических реакций с участием органических веществ. Общие методы установления механизма сложной электрохимической реакции. Методы определения природы интермедиатов электродных процессов. Кинетика разложения амальгам и ее связь с перенапряжением водорода на ртути в кислых и щелочных растворах.

Электрокатализ. Сорбция и адсорбция водорода электродными материалами. Важнейшие типы электродных материалов.

Термодинамика и кинетика электрохимической нуклеации. Механизм реакций, протекающих с образованием новой фазы. Методы изучения начальных стадий электрокристаллизации. Перенапряжение при образовании двумерных и трехмерных зародышей. Теория поверхностной диффузии адатомов. Электроосаждение металлов.

Электрохимическая теория коррозии металлов. Сопряженные реакции в процессе растворения металлов. Стационарные потенциалы. Пассивация металлов и полупроводников. Механизмы роста оксидных пленок. Типы локальной коррозии. Методы защиты металлов от коррозии и методы коррозионного контроля.

Теоретические представления об элементарном акте переноса электрона в гомогенных и гетерогенных редокс-процессах. Типы гомогенных ионных реакций. Методы изучения ионных реакций в растворах электролитов. Сходство и различие гомогенных и электродных реакций переноса электрона. Соотношение Бренстеда. Трактовка элементарного акта на основе теории Гориучи-Поляни и теории реорганизации растворителя. Квантово-механическая теория Левича—Догондзе—Кузнецова. Экспериментальные подходы к проверке этой теории. Обычный, безбарьерный и безактивационный разряд. Физический смысл коэффициента переноса в рамках современной квантово-механической теории элементарного акта электродных реакций. Квантово-химические подходы к расчету скоростей реакций переноса электрона.

Фундаментальные аспекты электрохимии проводящих полимеров.

Явление электрохимической интеркаляции. Электрохимические свойства интеркалированных материалов.

Фотоэлектрохимия. Лазерная электрохимия.

Периодические и хаотические явления в электрохимических системах.

Проблемы биоэлектрохимии. Редокс-процессы в биосистемах; электрохимия биомембран и их моделей.

6. Электрохимические производства

Химические источники тока. Топливные элементы. Свинцовые аккумуляторы. Серебряно-цинковые аккумуляторы. Кадмий-никелевые аккумуляторы и их аналоги. Металл-воздушные системы. Литиевые источники тока. Суперконденсаторы.

Гальванотехника. Типы гальванических покрытий. Рассеивающая способность электролитов. Электрохимическое окисление металлов и сплавов. Электрохимическая размерная обработка. Наводороживание и водородная хрупкость. Функциональная гальванотехника.

Гидроэлектрометаллургия.

Электрохимическое производство хлора, щелочей, окислителей. Электрохимический синтез органических веществ.

Электролиз расплавленных соединений. Производство алюминия. Производство щелочных и щелочно-земельных металлов. Электрорафинирование.

Электрохимические преобразователи информации и электрохимические электронные устройства. Электрохромные устройства.

Электрохимические технологии для микроэлектроники. Наноэлектрохимия и нанотехнология.

Теория электрохимических реакторов.

Экологические аспекты электрохимических технологий. Электрохимические методы очистки воды.

Данная программа представляет собой базовую часть кандидатского экзамена по специальности. Дополнительная часть кандидатского экзамена по специальности разрабатывается индивидуально для каждого аспиранта или соискателя с учетом области его научных исследований и темы диссертационной работы. Дополнительная программа утверждается Ученым Советом факультета.

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.

Экзамен проводится в устно-письменной форме в соответствии с утвержденной программой кандидатского экзамена по специальности. Обучающиеся получают билеты и готовятся в течение одного часа, после чего отвечают членам экзаменационной комиссии. Билет состоит из трех вопросов, относящихся к различным разделам электрохимии. Уровень сложности вопросов примерно равный.

Экзамен оценивается по пятибалльной шкале.

Требования к уровню освоения дисциплины:

УК-2: Способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

ОПК-1: Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ОПК-2: Готовностью организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук.

ПК-1: Способностью применять основные принципы, теории и концепции современной электрохимии для решения фундаментальных и прикладных задач.

Оценка «5» (отлично) выставляется при условии владения соответствующим уровнем компетенций:

Знает: методы научно-исследовательской деятельности, основные закономерности протекания электрохимических процессов и актуальные научные проблемы в данной области, а также пути решения научных и/или практических задач, которые возникают при

разработке новых электрохимических технологий исходя из современного уровня химии и смежных дисциплин.

Умеет: выявлять наиболее актуальные темы научно-исследовательской работы в профессиональной области.

Владеет: навыками планирования и постановки экспериментов для изучения электрохимических систем и процессов, а также использования теоретических представлений современной электрохимии и смежных дисциплин для решения нестандартных практических задач.

Оценка «4» (хорошо) выставляется при условии владения соответствующим) уровнем компетенций:

Знает в целом методы научно-исследовательской деятельности, основные закономерности протекания электрохимических процессов и актуальные научные проблемы в данной области, а также пути решения задач, которые возникают при разработке новых электрохимических технологий исходя из современного уровня химии и смежных дисциплин с некоторыми несущественными неточностями.

Умеет: в целом выявлять актуальные темы научно-исследовательской работы в профессиональной области с несущественными неточностями.

Владеет: в целом навыками планирования и постановки экспериментов для изучения электрохимических систем и процессов, а также использования теоретических представлений современной электрохимии и смежных дисциплин для решения нестандартных практических задач с небольшими погрешностями.

Оценка «3» (удовлетворительно) выставляется при условии владения соответствующим уровнем компетенций:

Знает некоторые методы научно-исследовательской деятельности, основные закономерности протекания электрохимических процессов и актуальные научные проблемы в данной области, а также пути решения задач, которые возникают при разработке новых электрохимических технологий исходя из современного уровня химии и смежных дисциплин с существенными пробелами.

Умеет: формулировать темы научно-исследовательской работы в профессиональной области в рамках стандартных задач, решаемых коллективом лаборатории и/или кафедры.

Владеет: в целом владеет навыками планирования и постановки экспериментов для изучения электрохимических систем и процессов, а также использования теоретических представлений современной электрохимии и смежных дисциплин для решения стандартных практических задач.

Оценка «2» (неудовлетворительно) выставляется при условии владения соответствующим) уровнем компетенций:

Знает: демонстрирует фрагментарные представления о методах научно-исследовательской деятельности; отрывочные и несистематические знания

закономерностей протекания электрохимических процессов и актуальных научных проблем в данной области.

Умеет: фрагментарно формулировать темы научно-исследовательской работы в профессиональной области в рамках стандартных задач, решаемых коллективом лаборатории и/или кафедры.

Владеет: фрагментарное применение навыков использования теоретических представлений современной электрохимии для решения стандартных практических задач.

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

5.1 Основная литература:

Дамаскин, Б.Б. Электрохимия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58166>. — Загл. с экрана.

5.2 Дополнительная литература:

Физико-химические основы электрохимии [Текст] : учебник для химических и химико-технолог. спец. ун-тов / Ю. Я. Лукомский, Ю. Д. Гамбург. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 423 с. : ил. - Библиогр. в конце частей. - ISBN 9785915590075 : 777.92.

Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева [Электронный ресурс] : М.: Научный мир, 2013. – 611 с. Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1

Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 513 с.

Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2008. 568 с.

5.3. Периодические издания:

1. Электрохимия.
2. Реферативный журнал «Химия»
3. Физическая химия.
4. Коллоидный журнал.
5. Журнал общей химии.
6. Журнал неорганической химии.
7. Высокомолекулярные соединения.
8. Успехи химии.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Русское мембранное общество «Мембраны и мембранные технологии»: <http://memtech.ru/index.php/ru/>
2. КубГУ, кафедра физической химии: <http://www.kubsu.ru/University/departments/CHEM/physchem/>
3. НОЦ Южный мембранный центр: www.mtc.kubsu.ru
4. ЗАО РМЦ «Югтехинформ» Лаборатория мембран и мембранных процессов: <http://techresearch.ru/lmmp.htm>
5. РХТУ им Д.И.Менделеева Технопарк: <http://enviropark.ru/course/category.php?id=15>

6. ЗАО «НПК Медиана-Фильтр»: http://www.mediana-filter.ru/reverse_osmos_nanofiltration.html
7. 1. <http://www.fips.ru/> - Федеральный институт патентной собственности
8. 2. <http://www.uspto.gov/web/menu/search.html> - База данных патентов США
9. 3. <http://www.epo.org/searching/free/espacenet.html> - База данных патентов более 70 стран мира
10. 4. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека
11. 5. <http://www.sciencedirect.com> – полнотекстовая научная база данных международного издательства Elsevier.
12. 6. <http://apps.webofknowledge.com/> - мультидисциплинарная реферативно-библиографическая база данных Института научной информации США (Institute for Scientific Information, ISI), представленная на платформе Web of Knowledge компании Thompson Reuters.
13. 7. www.scopus.com - Scopus (SciVerse Scopus) мультидисциплинарная библиографическая и реферативная база данных, созданная издательской корпорацией Elsevier.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение дисциплины предполагает активную, творческую работу аспиранта на занятиях лекционного и семинарского типа, а также во время выполнения лабораторных работ.

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 экзамену.

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе с дальнейшим их обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных, библиотечным фондам и сети Интернет.

№	Наименование раздела	Вопросы для проработки и повторения лекционного материала, материалов учебников и учебных пособий, подготовки к лабораторным занятиям, коллоквиумам и контрольным работам.
1	2	3
1	Введение в электрохимию.	Подготовка к коллоквиуму №1
2	Термодинамика растворов электролитов	Подготовка к коллоквиуму №1 Подготовка к контрольной работе №1
3	Теория Дебая-Хюккеля	Подготовка к коллоквиуму №1 Подготовка к контрольной работе №1

4	Электропроводность растворов электролитов	Подготовка к коллоквиуму №1 Подготовка к контрольной работе №1
5	Термодинамика гальванического элемента	Подготовка к защите лабораторной работы «Исследование зарядно-разрядных характеристик химических источников тока» Подготовка к коллоквиуму №1
6	Двойной электрический слой	Подготовка к коллоквиуму №2
7	Электродная кинетика	Подготовка к коллоквиуму №2 Подготовка к контрольной работе №2
8	Основы мембранной электрохимии	Подготовка к защите лабораторной работы «Исследование вольт-амперных характеристик ионообменных мембран методом вращающегося дискового электрода». Подготовка к коллоквиуму №2
9	Электрохимические производства и источники тока.	Подготовка к коллоквиуму №2

Методические указания для обучающихся по подготовке к выполнению лабораторных работ

Перед выполнением лабораторных работ аспирантам необходимо ознакомиться с методическими указаниями к выполнению работы и подготовить протокол проведения работы, в который занести:

- название работы;
- цель работы;
- порядок выполнения работы;
- заготовки таблиц для заполнения экспериментальными данными наблюдений;
- уравнения химических реакций превращений, которые будут осуществлены при выполнении эксперимента (при наличии);
- 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.

Методические указания для обучающихся по подготовке к коллоквиуму

Коллоквиум проводится в устной форме по трем вопросам из списка вопросов по подготовке к коллоквиуму по выбору преподавателя. На подготовку ответа отводится не менее 30 минут.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму № 1

1. Предмет и структура современной электрохимии.
2. Основные исторические этапы развития электрохимии.
3. Области применения электрохимии.
4. Энергия и энтропия сольватации ионов.
5. Коэффициенты активности, методы их определения.

6. Основные положения теории Дебая-Хюккеля.
7. Электропроводность растворов электролитов.
8. Числа переноса и подвижности отдельных ионов.
9. Электропроводность неводных растворов электролитов.
10. Электропроводность твердых и полимерных электролитов.
11. Электродный потенциал. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
12. Методы определения коэффициентов активности, констант равновесия ионных реакций и чисел переноса методом электродвижущих сил.

Вопросы для подготовки к коллоквиуму № 2

1. Электрохимическое равновесие на границе двух несмешивающихся жидкостей. Диффузионный потенциал.
2. Электрохимические сенсоры и принцип их работы.
3. Двойной электрический слой.
4. Методы изучения двойного электрического слоя.
5. Основные положения теории замедленного разряда. Ток обмена.
6. Кинетические и каталитические токи.
7. Методы установления механизма электрохимических реакций.
8. Электрохимические производства.
9. Первичные и вторичные источники тока. Основные характеристики источников тока.
10. Литиевые источники тока и суперконденсаторы.
11. Топливные элементы, их классификация.
12. Электрохимическое равновесие на границе мембрана-раствор. Мембранный потенциал.

Оцениваются коллоквиумы оценками «зачтено» и «не зачтено»:

- **оценка «зачтено»:** студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу. Ответы целостные и полные, студент уверенно владеет материалом и допускает только незначительные неточности в ответе.

- **оценка «не зачтено»:** материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется в ответах на вопросы, не владеет соответствующей терминологией.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Microsoft Windows 8, 10
2. Microsoft Office Professional Plus

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория (ауд. 322с, 343с, 334с, 328с, 332с), оснащенная учебной мебелью, стационарной или переносной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным

		обеспечением для демонстрации мультимедийных презентаций, меловой или универсальной доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория (ауд. 322с, 343с, 334с, 332с, 354с), оснащенная учебной мебелью, стационарной или переносной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук или переносной мультимедийной техникой) и соответствующим программным обеспечением для демонстрации мультимедийных презентаций, меловой или универсальной доской.
3.	Лабораторные занятия	<p>Лаборатория электромембранного синтеза № 330с, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: потенциостат-гальваностат Р-30I, импедансметр Z-1000P, измеритель-анализатор импеданса, вольтамперных и переходных характеристик мембран, потенциостат-гальваностат Autolab PGSTAT 100N, рН-метр иономер ЭКСПЕРТ-001, титратор автоматический TitroLine 6000, иономер И-130, кондуктометр ЭКСПЕРТ-002, фотометр фотоэлектрический КФК-3, вольтметр универсальный В7-78/1, вольтметр универсальный В7-34А, генератор сигналов специальной формы Г6-33, источник питания постоянного тока Б5-50, весы электронные лабораторные НР-120, насос перистальтический ЛАБ-НП-1, термостат жидкостной ЛАБ-ТЖ-ТС-01, перемешивающее устройство ЛАБ-ПУ-01.</p> <p>Лаборатория электромембранных явлений № 326С, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, меловой доской, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: потенциостат Autolab PGSTAT 100 N; источник тока-вольтметр Keithley 2200-60-2 ; источник тока-вольтметр Keithley 2100/E ; нановольтметр Keithley 6221/2182 А; вольтметр универсальный В7-71/1; насос шприцевой Dixon Instillar 1428; рН метр – иономер Эксперт-001; кондуктометр Эксперт-002; насос перистальтический многоканальный Heidolph Pumpdrive 5001; рН метр FER20-ATC Kit рН; кондуктометр FER30-KIT; весы аналитические Ohaus PA 214С; анализатор влагосодержания Ohaus MB-25; термостат Isotemp 6200 Н7; сушильный шкаф BINDER FD 1150; сушильный шкаф Binder FD 53; шейкер эконоприбор; мешалка Heidolph; мешалка ЛАБ-ПУ-01; термостат ТЖ-ТС-01; програматор ПР-8; потенциостат ПИ-50-1.1; плитка электрическая ШЛФ С-MAG HS 7; насос перистальтический одноканальный; рабочая станция.</p>
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория (ауд. 332с, 343с, 332с, 334с), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран,

		компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (Windows, Microsoft Office).
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения практических занятий (ауд. ауд. 332с, 343с, 334с)
6.	Самостоятельная работа	Аудитории, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (341с, 329с, 140)