

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»

Институт химии

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической
работе, д-р филол. наук, профессор



Е.Г. Елина

2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Современные методы в электрохимии

Направление подготовки кадров высшей квалификации

04.06.01 Химические науки

Направленность
Электрохимия

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Саратов
2016

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Современные методы в электрохимии» является овладение знаниями теоретических основ современных электрохимических методов, возможностей и границ их применения в зависимости от природы объекта и условий эксперимента, а также формирование у будущего специалиста представлений о наиболее актуальных направлениях исследований в области электрохимических процессов для развития науки и производства. Усвоение материала курса важно при выполнении диссертационных работ

Основными задачами являются:

- овладение теоретическими основами современных методов исследования в электрохимии
- приобретение навыков исследовательской работы на современном электрохимическом оборудовании
- овладение методами работы с научными базами электрохимических данных.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Современные методы в электрохимии» является обязательной дисциплиной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность Электрохимия – Б1.В.ОД.2.3.

Дисциплина «Современные методы в электрохимии» изучается в 5 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе обучения в магистратуре при изучении специальных дисциплин («Электрохимический синтез веществ и материалов», «Биоэлектрохимические технологии») а также при обучении в 1-4 семестрах аспирантуры при изучении таких дисциплин, как: «Методы неравновесной и статистической термодинамики в химии», «Информационные технологии в научном исследовании», «Информационные ресурсы и базы данных», «Двойной слой и кинетика электродных процессов». Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Современные методы в электрохимии» направлен на формирование следующих компетенций:

Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий – (ОПК-1)

В результате освоения дисциплины аспирант должен

знать: современные методы исследования и способы использования информационно-коммуникационных технологий в научно-исследовательской деятельности в области современной электрохимии и методов исследования электрохимических процессов;

уметь: грамотно выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования; представлять и продвигать результаты интеллектуальной деятельности

владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации в области современной электрохимии и методов ис-

следования электрохимических процессов, навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СР	
I	Классификация методов	5	32		48	Дискуссия (круглый стол)
1.1	Циклическая вольтамперометрия		4		6	
1.2	Импульсная вольтамперометрия		4		6	
1.3	Квадратно-волновая вольтамперометрия		4		6	
1.4	Хронокулонометрия		4		6	
1.5	Инверсионная вольтамперометрия		4		6	
1.6	Электрохимическая импедансная спектроскопия		8		12	
1.7	Потенциометрия		4		6	
II	Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов		12		18	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
2.1	Экспериментальная часть		4		6	
2.2	Электрохимические методы		4		6	
2.3	Комбинированные методы		4		6	
III	Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области		12		18	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
3.1	Методы в условиях стационарного или переходного состояний		4		6	
3.2	Геометрия ячейки и требования к экспериментальной установке		4		6	
3.3	Спектроэлектрохимия в проходящем и отраженном свете		4		6	
IV	Электроды и электролиты		16		24	Презентация
4.1	Рабочие электроды и электроды сравнения		4		6	
4.2	электролиты		4		6	
4.3	Экспериментальные установки		8		12	
	Промежуточная аттестация					зачет
Итого: 180 часов			72		108	

Содержание дисциплины

I. классификация методов

1.1 Циклическая вольтамперометрия

Форма циклических вольтамперограмм. Основные принципы. Влияние емкости и сопротивления. Геометрия электрода, размер и влияние конвекции. Определение редокс-состояния и числа переносимых электронов. Гетерогенная кинетика. Гомогенная кинетика. Квадратные схемы и

более сложные реакционные схемы. Многофазные системы.

1.2 Импульсная вольтамперометрия

Ступенчатая вольтамперометрия. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Реверсная импульсная вольтамперометрия. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия. Влияние адсорбции.

1.3 Квадратно-волновая вольтамперометрия

Простые реакции на стационарных плоских электродах. Простые реакции на стационарных сферических электродах и микроэлектродах. Тонкопленочные ртутные электроды. Адсорбция деполаризатора и продукта его превращения. Применение метода

1.4 Хронокулонометрия

Фундаментальное теоретическое рассмотрение. Практические проблемы. Двуступенчатая хронокулонометрия. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.

1.5 Инверсионная вольтамперометрия

Особенности инверсионной вольтамперометрии. Методы концентрирования: выделение металлов на твердых электродах, на ртутных электродах, выделение труднорастворимых солей на электродах, адсорбционное концентрирование, концентрирование за счет образования поверхностных комплексов.

1.6 Электрохимическая импедансная спектроскопия

Определения, основные соотношения, преобразования Крамерса-Кронига. Техника измерений. Представление данных импеданса. Эквивалентные схемы. Постоянный фазовый элемент. Сложная нелинейная среднеквадратичная регрессия при анализе данных импеданса. Коммерческие компьютерные программы для моделирования данных импеданса. Перенос заряда на электроде – модель Рэндлса. Полубесконечная квазисферическая диффузия в фарадеевских процессах. Диффузия частиц в конечной области – импеданс Варбурга. Гомогенная или гетерогенная химическая реакции как скоростьопределяющая стадия. Кинетика нефарадеевских электродных процессов.

1.7 Потенциометрия

Индикаторные электроды и их потенциалы. Напряжение ячейки. Мешающие факторы и пределы обнаружения при потенциометрических измерениях.

II Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов

2.1 Экспериментальная часть

Вольтамперометрия иммобилизованных микрочастиц (ВИМ). Электроды и их приготовление. Подготовительные процедуры. Экспериментальная установка. Стратегия эксперимента. Какие соединения могут быть изучены.

2.2 Электрохимические методы

Идентификация фаз и количественный анализ твердых веществ. Изучение электрохимического поведения твердых материалов.

2.2 комбинированные методы

Ex-situ и in-situ методы.

III. Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области

3.1 Методы в условиях стационарного или переходного состояний

Как объединить методы – возможности пространственного, временного и механического разрешения.

3.2 Геометрия ячейки и требования к экспериментальной установке

Временные ограничения. Пространственное и механическое разрешение.

3.3 Спектроэлектрохимия в проходящем и отраженном свете

IV Электроды и электролиты

4.1 Рабочие электроды и электроды сравнения.

Электродные материалы. Геометрия электрода. Гидродинамические условия. Химически модифицированные электроды. Выбор электродов сравнения. Практические проблемы: правила обращения с электродами сравнения, электролиты для электродов сравнения, диафрагма, замена

раствора сравнения

4.2 электролиты

Виды электролитов. Ионный транспорт. Растворы ионов. Водные и неводные растворы электролитов. Требования к электролитам

4.3 Экспериментальные установки

Параметры и схемы приборов. Неводные среды. Устранения электрического шума. Приборы на основе современных методов анализа

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

Изучение дисциплины «Современные методы в электрохимии» наряду с традиционными образовательными технологиями предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков. К интерактивным формам проведения занятий относятся:

- 1) лекции с элементами дискуссии
- 2) групповые дискуссии по контрольным вопросам по разделам дисциплины, вырабатывающие у обучающихся навыки грамотной постановки эксперимента.

Примерные темы дискуссии

(см. раздел ФОС).

Форма проведения занятий для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования), при необходимости предоставляется дополнительное время для выполнения лабораторных работ, подготовки ответа на зачете.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

Предусмотрены встречи со специалистами ОАО «Электроисточник» (г. Саратов), ОАО «Завод АИТ» (г. Саратов), ОАО «Литий-Элемент» (г. Саратов), ЗАО «НИИХИТ-2» (г. Саратов), ЗАО «ОЗ НИИХИТ» (г. Саратов).

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения теоретических вопросов по предлагаемой литературе, лекциям и контрольным вопросам для самостоятельной работы и в форме составления презентаций по результатам научно-исследовательской деятельности с дальнейшим их разбором (представлением и обсуждением) на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к библиотечным фондам и сети Интернет.

6.1. Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
1 Классификация методов	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати

2. Электрохимическое исследование твердых соединений и материалов	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
3 Спектроэлектрохимия в УФ-, видимой и ближней ИК-области материалов	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
4 Электроды и электролиты	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
5. Тема связана с используемыми в НИД методами	Презентация по результатам научно-исследовательской деятельности (научно-квалификационной работе)	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины и НКР в периодической печати
Итого часов на самостоятельную работу: 108		

6.2. Вопросы для углубленного самостоятельного изучения и собеседования

1. Постановка электрохимического эксперимента. Параметры и схемы приборов. Неводные среды. Устранения электрического шума. Приборы на основе современных методов анализа

2. Классификация электрохимических методов исследования и электродных процессов по механизму их протекания

3. Требования к электрохимическому эксперименту, рабочему, вспомогательному электродам, электроду сравнения, электролиту: общие принципы и специфические требования, обусловленные конкретным методом.

4. Индикаторные электроды и их потенциалы. Напряжение ячейки. Мешающие факторы и пределы обнаружения при потенциометрических измерениях

5. Основные принципы осуществления контроля тока и потенциала в электрохимическом эксперименте. Электрические схемы.

6. Метод стационарных поляризационных кривых. Кинетика электрохимических реакций с медленной стадией переноса электронов.

7. Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых для случая малых, средних и больших перенапряжений.

8. Определение токов обмена, коэффициентов переноса.

9. Оценка влияния на кинетику строения ДЭС, рН, поверхностно-активных веществ, концентрации фонового и основного электролитов. Различные константы скорости электрохимической стадии: абсолютная гетерогенная константа скорости, гетерогенная константа скорости, измеряемая гетерогенная константа скорости.

10. Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых при медленной стадии последовательного переноса нескольких электронов. Кинетическая схема электродного процесса. Определение кажущихся коэффициентов переноса, стехиометрического числа. Критерии стадийного переноса электронов.

11. Особенности инверсионной вольтамперометрии. Методы концентрирования: выделение металлов на твердых электродах, на ртутных электродах, выделение труднорастворимых солей на электродах, адсорбционное концентрирование, концентрирование за счет образования поверхностных комплексов.

12. Хронокулонометрия. Фундаментальное теоретическое рассмотрение. Практические проблемы. Двуступенчатая хронокулонометрия. Влияние гетерогенной кинетики на хронокулонометрические отклики.

13. Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых при замедленной стадии диффузии. Экспериментальные критерии медленной диффузионной стадии: случай восстановления катионов металла до металла; случай окислительно-восстановительной реакции. Предельный диффузионный ток. Концентрационный профиль для окислителя и восстановителя.

14. Графические зависимости и уравнения поляризационных кривых для смешанной кинетики: случай медленной стадии разряда и диффузии. Анализ кинетики электродного процесса для малых и больших перенапряжений. Границы применимости метода стационарных поляризационных кривых для определения кинетических параметров.

15. Вращающийся дисковый электрод. Вращающийся дисковый электрод с кольцом.

16. Релаксационные методы в электрохимии. Импульсная вольтамперометрия. Ступенчатая вольтамперометрия. Нормальная импульсная вольтамперометрия. Реверсная импульсная вольтамперометрия. Дифференциальная импульсная вольтамперометрия. Влияние адсорбции.

17. Метод переменного тока. Метод комплексных амплитуд и его значение. Емкость и активное сопротивление в цепи переменного тока: анализ методом комплексных амплитуд. Адмитанс и импеданс. Представление импеданса на комплексной плоскости. Импеданс стадии замедленного разряда. Определение тока обмена. Диффузионный импеданс. Импеданс Эршлера-Рэндлса.

18. Спектроэлектрохимические методы в условиях стационарного и переходного состояний. Виды, возможности использования и получаемая информация. Как объединить методы – возможности пространственного, временного и механического разрешения.

19. Спектроэлектрохимия - геометрия ячейки и требования к экспериментальной установке. Временные ограничения. Пространственное и механическое разрешение. Спектроэлектрохимия в проходящем и отраженном свете.

20. Вольтамперометрия иммобилизованных микрочастиц (ВИМ). Электроды и их приготовление. Подготовительные процедуры. Экспериментальная установка. Стратегия эксперимента. Какие соединения могут быть изучены

21. Изучение электрохимического поведения твердых материалов. Идентификация фаз и количественный анализ твердых веществ. Комбинированные ex-situ и in-situ методы

22. Классическая вольтамперометрия. Форма циклических вольтамперограмм. Основные принципы. Влияние емкости и сопротивления

6.3 Презентация по научно-исследовательской деятельности (научно-квалификационной работе)

(см. раздел ФОС)

6.4. Порядок выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. В ходе освоения курса пред-

полагается проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и дополнительной литературы, представление презентации по НИД с обоснованием используемых в работе методов с доказательством достоверности полученных результатов.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

- 1) Вопросы для углубленного самостоятельного изучения (ко всем разделам дисциплины) и собеседования с аспирантом.
- 2) Дискуссии по тематическим разделам курса
- 3) Презентация по научно-исследовательской деятельности

7.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная с 5 недели семестра. Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется в ходе собеседования с аспирантом в завершении изучения каждого раздела, в ходе проведения дискуссий и представления презентаций по НИД. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. М.: Химия, КолосС, 2006. - 672 с.
2. Анисимова Ж.П. Электрохимические методы анализа [Текст]: метод. Указания / Анисимова, Рагузина Л.М., Сальникова Е.В. Оренбург: ГОУ ОГУ. 2009. – 38 с. нет. – Б.ц. (ЭБС «РУКОНТ»).
3. Гаврилов А.С. Электрохимические процессы в технологии микро- и наноэлектроники [Текст]: учеб. пос-ие / А.С.Гаврилов, А.Н. Белов. -2. Москва, изд. Центр РИОР, М.,: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2014, 240 с. ISBN 978-5-369-01299-4: Б. ц. (ЭБС «ИНФРА-М»)

б) дополнительная литература

1. А.В. Чуриков, М.А. Волгин, А.Н. Степанов. Теория и практическое приложение метода хронопотенциометрии // Учебное пособие для студентов химического факультета. Саратов, Изд-во Саратовского университета, 2007, 28 с. ISBN 978-5-292-03721-7
2. А.В. Чуриков, А.Н. Степанов. Спектроскопия электрохимического импеданса // Учебное пособие для студентов химического факультета. Саратов, Изд-во Саратовского университета, 2007, 32 с. ISBN 978-5-292-03722-4

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Чуриков А.В., Казаринов И.А. Электронный вариант курса лекций «Современные химические источники тока» // 1 файл; 1,7 Мб; 2012 год; размещено на сайте НБ СГУ в рубрике "ЭБ учебно-методической литературы" – http://library.sgu.ru/uch_lit/657.pdf
2. Чуриков А.В. Электронный курс лекций Физхимия, 2 часть, “Электрохимия” 2012 г.. <http://www.sgu.ru/node/23910>
3. Электронное учебное пособие Казаринов И.А., Чуриков А.В., Степанов А.Н., Иванищев А.В. «Специальный практикум по теоретической и прикладной электрохимии» (размещено на компьютерах в учебной лаборатории № 6)

Электронные научные библиотеки и каталоги открытого доступа

1. <http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека, система РИНЦ.
<https://scholar.google.ru/> - Google Scholar – Поисковая система по научной литературе. Статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций.
2. <http://abc-chemistry.org/ru/> - Бесплатная научная химическая информация. Каталог бесплатных полнотекстовых журналов. В Каталог включены только те журналы, которые предоставляют постоянный бесплатный доступ к полным текстам статей, причем не менее чем к годовому комплекту.
3. <http://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система издательства "Лань".
4. <http://znanium.com/> - Электронная библиотечная система "Znanium.com"
5. <http://biblio-online.ru/> - Электронная библиотечная система издательства "Юрайт".
6. <http://ibooks.ru/> - Электронно-библиотечная система ibooks.ru.
7. <http://rucont.ru/> - Электронно-библиотечная система РУКОНТ.
8. <http://www.bibliorossica.com/> - Электронно-библиотечная система "БИБЛИОРОССИКА".
9. <http://library.sgu.ru/> - Сайт Зональной научной библиотеки им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского, в том числе:
10. <http://elibrary.sgu.ru/djvu/> - Электронная библиотека СГУ; http://library.sgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=ELBIB&P21DBN=ELBIB&S21FMT=&S21ALL=&Z21ID=&S21CNR= Электронная библиотека учебно-методической литературы СГУ;
11. <http://library.sgu.ru/index.php?page=tttt> - Полнотекстовые ресурсы СГУ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для реализации учебного плана дисциплины «Современные методы в электрохимии» имеющееся материально-техническое обеспечение включает в себя:

- лекционные (групповые) аудитории;
- мультимедийную установку;
- учебную лабораторию, оснащенную необходимым оборудованием;
- лаборатории для проведения научно-исследовательской работы.

Выполнение научно-исследовательской деятельности обеспечивается химическими реактивами, лабораторной посудой и научно-исследовательским оборудованием: трехэлектродные ячейки, электронные потенциостаты, лабораторные исследовательские комплексы, сочетающие исполнительные устройства: потенциостаты/гальваностаты серии РС, частотные анализаторы FRA, модуль EM-04 (установка вращающийся дисковый электрод), цифровые мультиметры.

тиметры, амперметры и вольтметры, комплекс электрохимического оборудования «Autolab», цифровые мультиметры, амперметры и вольтметры. Это позволяет проводить измерение физико-химических величин и изучение кинетики химических и электрохимических реакций стационарными и нестационарными методами с использованием компьютерных технологий. Зарядно-разрядные модули ЗРУ-30мА – 10 В (4 шт.), осциллографы, термостаты, весы аналитические, профессиональный гидравлический инструмент (пресс) 10т, электропечь ПТК-1,2-70

Кафедра физической химии имеет современное оборудование и для изучения состава и структуры исследуемых объектов: энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX – 720HS (SHIMADZU, Япония), лазерный дифракционный анализатор размера частиц SALD – 2201 (SHIMADZU, Япония), адсорбционную станцию для измерения величины удельной поверхности, распределения пор по радиусам адсорбционным методом на приборе Quantachrome NOVA 1200 e-Series (США), металлографический цифровой комплекс ЕАльтами МЕТ, планетарная шаровая мельница АГО-2 (настольный вариант);

Обработка экспериментальных данных и оформление результатов НИД в виде презентаций проводится в кафедральном дисплейном классе на персональных компьютерах с соответствующим лицензионным программным обеспечением (Microsoft Offis 2003, 2007, Mathcad). При использовании электронных изданий каждый обучающийся обеспечен во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

-для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению « 04.06.01 – Химические науки», направленность «Электрохимия».

Автор программы Гамаюнова И.М.

Гамаюнова И.М.

к.х.н., доцент,

доцент кафедры физической химии

Разработанная программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 18 июня 2014 года, протокол № 14

Актуализированная программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 15 июня 2015 года, протокол № 12

Актуализированная программа одобрена на заседании кафедры физической химии от 1 июня 2016 года, протокол № 10

Зав. кафедрой физической химии

д.х.н., профессор

И.А. Казаринов

Директор Института химии

д.х.н., профессор

О.В. Федотова