

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**

**ДВОЙНОЙ СЛОЙ И КИНЕТИКА ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

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

**Цель дисциплины:** Электрохимия играет важную роль в современном промышленном производстве. Основу современной прикладной электрохимии составляют электрометаллургия, гальванотехника, электросинтез неорганических и органических соединений, производство химических источников тока, коррозия металлов и методы защиты от коррозии, электрохимическая размерная обработка металлов и сплавов и т. д. Эффективное использование электрохимических процессов в промышленных технологиях, производствах без изучения кинетики электрохимических реакции практически не возможна.

Поэтому **целью** данной дисциплины является сформировать у аспирантов современное представление о наиболее значимых результатах, полученных в кинетике электродных процессов. Дать представление о возможностях их использования для решения актуальных проблем химии и практических приложений

### **Задачи:**

- установление общих кинетических закономерностей электрохимических процессов и создание теоретических основ электрохимических методов исследования. С этой целью в предложенном курсе будут рассмотрены следующие разделы электрохимической кинетики:

- двойной электрический слой;
- диффузионная кинетика;
- теория замедленного разряда;
- кинетика сложных электрохимических реакций.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «**Двойной слой и кинетика электродных процессов**» является обязательной, 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.2.2.

Дисциплина «**Двойной слой и кинетика электродных процессов**» изучается в 4 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения таких дисциплин, как «Методы неравновесной и статистической термодинамики». 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 «**Двойной слой и кинетика электродных процессов**» направлен на формирование следующих компетенций:

- умение прогнозировать конечный результат исследования при выполнении профессиональных функций, опираясь на фундаментальные основы химии, накопленный экспериментальный опыт в избранной области, современные наукоемкие технологии и аппаратный парк (ПК-1)

В результате освоения дисциплины аспирант должен

- **знать** современное состояние кинетики электродных процессов;
- **уметь** решать задачи по лекционному материалу;

- владеть основами методов кинетики электродных процессов

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ч.

№ 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	
<b>I</b>	<b>Раздел 1. Двойной электрический слой</b>	<b>4</b>				<i>(Формы текущего контроля указываются по всем видам учебной работы)</i>
1.1	Тема 1.1. Причины возникновения двойного электрического слоя.		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
1.2	Тема 1.2. Электрокапиллярные явления.		4			Контрольные вопросы для самостоятельной работы
1.3	Тема 1.3. Модельные представления о строении двойного электрического слоя.		4		4	Собеседование по контрольным вопросам
<b>II</b>	<b>Раздел II Диффузионная кинетика</b>					
2.1	Тема 2.1. Три основных уравнения диффузионной кинетики		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
2.2	Тема 2.2. Поляризационные кривые при стационарной диффузии		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
2.3	Тема 2.3. Влияние электрического поля на величину диффузионного тока в условиях стационарной диффузии.		4		4	Собеседование по контрольным вопросам
2.4	Тема 2.4. Конвективная		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы

	диффузия					
2.5	Нестационарная диффузия в потенциостатических условиях		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
2.6	Классическая полярография		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
2.7	Нестационарная диффузия при постоянном токе (хронотенциометрия).		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
<b>III</b>	<b>Раздел III Теория замедленного разряда</b>					
3.1	Вывод основного уравнения теории замедленного разряда.		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
3.2	Уравнение поляризационной кривой		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
3.3	Зависимость скорости электрохимической реакции от температуры		4		4	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
3.4	Влияние двойного электрического слоя на скорость стадии разряда		2		2	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
3.5	Закономерности смешанной кинетики – диффузионная стадия и стадия разряда.		2		2	Контрольные вопросы для самостоятельной работы Групповая дискуссия
3.6	Исправленные тафелевские зависимости (ИТЗ)		2		2	Контрольные вопросы для самостоятельной работы Групповая дискуссия
<b>IV</b>	<b>Раздел IV. Кинетика сложных электрохимических реакций</b>					
4.1	Электрохими-		2		2	Контрольные вопросы для

	ческие реакции с последовательным переносом электронов					самостоятельной работы
4.2	Кинетика электродных процессов с участием комплексов металлов.		2		2	Контрольные вопросы для самостоятельной работы Групповая дискуссия
4.3	Электрохимические процессы в условиях медленной химической реакции.		2		2	Контрольные вопросы для самостоятельной работы
4.4	Методы изучения многостадийных электродных процессов.		4		4	Презентация
						<b>зачет</b>
Итого: 144 часа/ов			72		72	

### Содержание дисциплины

#### **Тема 1.1. Причины возникновения двойного электрического слоя.**

Значение изучения строения двойного электрического слоя для выяснения кинетики и механизма электродных процессов.

Скачки потенциалов на фазовых границах металла и раствора. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Электрохимический потенциал. Гальвани- и вольт-потенциал. Равновесие на границе металл-раствор.

Адсорбция на границе раздела фаз. Различные случаи образования двойного электрического слоя на границе электрод-раствор. Поляризуемые и неполяризуемые электроды. Электростатическая и специфическая адсорбция ионов и поверхностно-активных органических молекул.

Методы изучения строения двойного электрического слоя. Адсорбционный метод. Изучение двойного электрического слоя на металлах платиновой группы. Работы А.Н.Фрумкина.

Поляризационная емкость, псевдоемкость и емкость двойного электрического слоя. Использование моста переменного тока для измерения емкости двойного электрического слоя. Использование моста переменного тока для измерения емкости двойного электрического слоя. Метод комплексных амплитуд. Интегральная и дифференциальная емкость двойного электрического слоя. Форма кривых дифференциальной и интегральной емкости в разбавленных поверхностно-активных и поверхностно-неактивных электролитах.

#### **Тема 1.2. Электрокапиллярные явления.**

Электрокапиллярный метод изучения двойного электрического слоя. Поверхностное натяжение и методы его измерения в случае жидких и твердых электродов. Основное уравнение электрокапиллярности (вывод). Уравнение Липпмана. Применимость его к идеальному поляризуемому электроду. Влияние природы и концентрации поверхностно-неактивного электролита на форму электрокапиллярной кривой. Изменение формы электрокапиллярной кривой в присутствии поверхностно-активных анионов, катионов и орга-

нических молекул. Определение заряда поверхности и адсорбции ионов и молекул методом снятия электрокапиллярных кривых.

### ***Тема 1.3. Модельные представления о строении двойного электрического слоя.***

Модели Гельмгольца и Гуи-Чампена. Вывод основного уравнения Гуи-Чампена. Проверка и недостатки этих теорий. Основные положения теории Штерна. Плотный и диффузный слой, уравнение для заряда электрода. Проверка теории Штерна. Работы А.Н.Фрумкина и М.А.Ворсиной. Представления Грэма о строении двойного электрического слоя в отсутствии или в присутствии специфической адсорбции. Внутренняя и внешняя плоскости Гельмгольца. Дискретная природа зарядов в слое специфически адсорбированных анионов. Эффект Есина-Маркова.

Двойной электрический слой на границе полупроводник – раствор.

## **Раздел 2. Диффузионная кинетика**

### ***Тема 2.1. Три основных уравнения диффузионной кинетики.***

Основные стадии гетерогенной реакции. Представление о диффузии, миграция и конвекция. Концентрационная и электрохимическая поляризация. Три основных уравнения диффузионной кинетики.

### ***Тема 2.2. Поляризационные кривые при стационарной диффузии.***

Поляризационные кривые при стационарной диффузии. Вывод уравнения зависимости тока от концентрированной поляризации (решение задачи стационарной диффузии) на пример разряда ионов на одноименном металле и для окислительно-восстановительных реакции типа  $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  в отсутствие миграции и конвекции. Анализ уравнений. Предельный диффузионный ток.

### ***Тема 2.3. Влияние электрического поля на величину диффузионного тока в условиях стационарной диффузии.***

Электровосстановление аниона без добавки фонового электролита. Электровосстановление катиона с любой концентрацией фона. Эффект экзальтации миграционного тока.

### ***Тема 2.4. Конвективная диффузия***

Конвективная диффузия. Теория Нернста, ее основные положения и недостатки. Представление о гидродинамической теории Прандаля и теории стационарного пограничного диффузионного слоя Левича. Закономерности диффузионной кинетики на вращающемся дисковом электроде. Применение вращающегося дискового электрода к решению различных практических задач. Вращающийся дисковый электрод с кольцом и его применение в электрохимической кинетике.

### ***Тема 2.5. Нестационарная диффузия в потенциостатистических условиях***

Уравнение нестационарной диффузии в потенциостатистических условиях к плоскому электроду (хроноамперометрия).

Уравнение нестационарной диффузии к сферическому электроду в потенциостатистических условиях.

### ***Тема 2.6. Классическая полярография.***

Основы классической полярографии. Уравнение Ильковича для мгновенного и среднего тока. Уравнение полярографической волны Гейровского-Ильковича. Работы Я. Коутецкого.

**Тема 2.7. Нестационарная диффузия при постоянном токе (хронопотенциометрия).**

Уравнение Санда и Караогланова, их анализ и применение. Формула Санда. Уравнение хронопотенциограммы Караогланова. Диффузионный импеданс.

**Раздел 3. Теория замедленного разряда****Тема 3.1. Вывод основного уравнения теории замедленного разряда.**

Обратимые и необратимые процессы, равновесные и неравновесные потенциалы, перенапряжение. Основные стадии процесса разряда ионов. Доказательство замедленности стадии разряда в случае ртутного электрода.

Вывод основного уравнения замедленного разряда. Соотношение Бренстеда и его значение в электрохимической кинетике. Термодинамический аспект теории замедленного разряда. Плотность тока обмена. Гетерогенная константа скорости электрохимической реакции. Другие виды констант.

**Тема 3.2. Уравнение поляризационной кривой.**

Уравнение поляризационной кривой для одностадийной электрохимической реакции. Анализ уравнения. Вид кривых.

Обычный, безбарьерный и безактивационный разряд. Импеданс стадии разряда – ионизации.

**Тема 3.3. Зависимость скорости электрохимической реакции от температуры.****Тема 3.4. Влияние двойного электрического слоя на скорость стадии разряда.**

Экспериментальное обоснование теории замедленного разряда. Разряд нейтральных молекул в аспекте теории замедленного разряда (на примере реакции выделения водорода из щелочного раствора).

**Тема 3.5. Закономерности смешанной кинетики – диффузионная стадия и стадия разряда.**

Уравнение необратимой полярографической волны. Электровосстановление анионов. Различие анионов по их способности к восстановлению. Влияние состава раствора на кинетику разряда анионов персульфата. Представления о теории электровосстановления анионов (Гейровского, Левича, Фрумкина).

**Тема 3.6. Исправленные тафелевские зависимости (ИТЗ)**

Влияние материала электрода и растворителя на скорость стадии разряда-ионизации.

**Раздел 4. Кинетика сложных электрохимических реакций.****Тема 4.1. Электрохимические реакции с последовательным переносом электронов.**

Кинетика стадийного протекания электрохимического процесса со сравнимыми скоростями последовательных стадий.

**Тема 4.2. Кинетика электродных процессов с участием комплексов металлов.****Тема 4.3. Электрохимические процессы в условиях медленной химической реакции.**

Медленная гетерогенная химическая реакция. Импеданс гетерогенной химической реакции.

Электрохимические процессы в условиях медленной химической реакции в объеме раствора (гомогенная химическая реакция). Концепция реакционного слоя. Общий случай гомогенной химической реакции. Импеданс гомогенной химической реакции.

#### **Тема 4.4. Методы изучения многостадийных электродных процессов.**

Установление механизма электродного процесса по порядкам электрохимических реакции. Определение порядка по зависимости скорости реакции от концентрации; по зависимости плотности тока обмена от концентрации компонента; по зависимости тока обмена от равновесного потенциала.

Определение механизма электродного процесса по данным о порядке реакции и поляризационном наклоне.

### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При изучении дисциплины «Двойной электрический слой и кинетика электродных процессов» предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения аудиторных занятий в сочетании с самостоятельной работой с целью развития профессиональных навыков обучающихся. К активным и интерактивным формам проведения занятий относятся:

- 1) лекции с элементами дискуссии;
- 2) групповые дискуссии по контрольным вопросам к разделам дисциплины, вырабатывающие у обучающегося навыки физико-химического мышления;

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), а также проведение экскурсий в лаборатории этих учреждений.

### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.**

**Самостоятельная работа** аспирантов проводится в форме изучения теоретических вопросов по предлагаемой литературе, лекциям и заданий для домашней работы с дальнейшим их разбором или 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
------------------------	----------------------------	------------

<b>Раздел 1</b>	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное углубленное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
<b>Раздел 2</b>	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное углубленное изучение с помощью основной и дополнительной литературы.	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
<b>Раздел 3</b>	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное углубленное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к дискуссии	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
<b>Раздел 4</b>	Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное углубленное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. Подготовка к дискуссии	См. п.8 Современные публикации по теме дисциплины в периодической печати
Итого часов на самостоятельную работу: 72 часа		

## 6.2. Вопросы для углубленного самостоятельного изучения

1. Причины возникновения двойного электрического слоя. Значение изучения строения двойного электрического слоя для выяснения кинетики и механизма электродных процессов.
2. Скачки потенциалов на фазовых границах металла и раствора. Поверхностный, внешний и внутренний потенциалы. Электрохимический потенциал. Гальвани- и Вольта-потенциал. Равновесие на границе металл-раствор.
3. Адсорбция на границе раздела фаз. Различные случаи образования двойного электрического слоя на границе электрод-раствор. Поляризуемые и неполяризуемые электроды. Электростатическая и специфическая адсорбция ионов и поверхностно-активных органических молекул.
4. Методы изучения строения двойного электрического слоя. Адсорбционный метод. Изучение двойного электрического слоя на металлах платиновой группы. Работы А.Н.Фрумкина.
5. Поляризационная емкость, псевдоемкость и емкость двойного электрического слоя. Использование моста переменного тока для измерения емкости двойного электрического слоя.
6. Метод комплексных амплитуд.
7. Интегральная и дифференциальная емкость двойного электрического слоя. Форма кривых дифференциальной и интегральной емкости в разбавленных поверхностно-активных и поверхностно-неактивных электролитах.
8. Электрокапиллярные явления. Основное уравнение электрокапиллярности (вывод). Первое уравнение Липпмана.

9. Влияние природы и концентрации поверхностно-неактивного электролита на форму электрокапиллярной кривой. Изменение формы электрокапиллярной кривой в присутствии поверхностно-активных анионов, катионов и органических молекул.
10. Определение заряда поверхности и адсорбции ионов и молекул методом снятия электрокапиллярных кривых.
11. Применение метода электрокапиллярных кривых для изучения двойного электрического слоя. Второе уравнение Липпмана.
12. Модельные представления о строении двойного электрического слоя. Теория Гельмгольца. Ее достоинства и недостатки.
13. Теория Гуи-Чампена. Вывод основного уравнения Гуи-Чампена. Проверка и недостатки теории.
14. Основные положения теории Штерна. Плотный и диффузный слой, уравнение для заряда электрода. Проверка теории Штерна. Работы А.Н.Фрумкина и М.А.Ворсиной.
15. Представления Грэма о строении двойного электрического слоя в отсутствии или в присутствии специфической адсорбции. Внутренняя и внешняя плоскости Гельмгольца.
16. Дискретная природа зарядов в слое специфически адсорбированных анионов. Эффект Есина-Маркова.
17. Двойной электрический слой на границе полупроводник – раствор.
18. Предмет электрохимической кинетики. Связь между различными аспектами прикладной электрохимии и кинетики электродных процессов.
19. Общая характеристика электродных процессов. Понятие о лимитирующей стадии (причины возникновения поляризации, многостадийности процессов).
20. Представление о диффузии, миграция и конвекция. Концентрационная и электрохимическая поляризация. Три основных уравнения диффузионной кинетики.
21. Вывод уравнения зависимости тока от концентрированной поляризации (решение задачи стационарной диффузии) на пример разряда ионов на одноименном металле и для окислительно-восстановительных реакции типа в отсутствие миграции и конвекции. Анализ уравнений.
22. Влияние электрического поля на величину диффузионного тока в условиях стационарной диффузии. Электровосстановление аниона без добавки фонового электролита. Электровосстановление катиона с любой концентрацией фона.
23. Эффект экзальтации миграционного тока.
24. Конвективная диффузия. Теория Нернста, ее основные положения и недостатки. Представление о гидродинамической теории Прандаля и теории стационарного пограничного диффузионного слоя Левича.
25. Закономерности диффузионной кинетики на вращающемся дисковом электроде. Применение вращающегося дискового электрода к решению различных практических задач.
26. Вращающийся дисковый электрод с кольцом и его применение в электрохимической кинетике.
27. Нестационарная диффузия в потенциостатических условиях к плоскому электроду. Уравнение хроноамперограммы. Его анализ.
28. Уравнение нестационарной диффузии к сферическому электроду в потенциостатических условиях. Его анализ.
29. Основы классической полярографии. Уравнение Ильковича для мгновенного и среднего тока. Уравнение полярографической волны Гейровского-Ильковича. Его анализ.
30. Нестационарная диффузия при постоянном токе (хронопотенциометрия). Уравнение Санда-Караогланова, его анализ и применение. Уравнение хронопотенциограммы Караогланова.
31. Диффузионный импеданс (импеданс Варбурга).
32. Вывод основного уравнения замедленного разряда. Соотношение Бренстеда и его значение в электрохимической кинетике. Плотность тока обмена. Гетерогенная константа скорости электрохимической реакции.

33. Уравнение поляризационной кривой для одностадийной электрохимической реакции. Анализ уравнения.
34. Обычный, безбарьерный и безактивационный разряд.
35. Импеданс стадии разряда – ионизации.
36. Зависимость скорости электрохимической реакции от температуры. Истинная и измеряемая энергия активации.
37. Термодинамика отдельного электродного процесса. Связь истинной и измеряемой энергии активации.
38. Влияние двойного электрического слоя на скорость стадии разряда. Экспериментальное обоснование теории замедленного разряда на примере реакции выделения водорода на ртутном электроде.
39. Разряд нейтральных молекул в аспекте теории замедленного разряда (на примере реакции выделения водорода из щелочного раствора).
40. Закономерности смешанной кинетики – диффузионная стадия и стадия разряда. Уравнение необратимой полярографической волны.
41. Электровосстановление анионов. Различие анионов по их способности к восстановлению. Представления о теории электровосстановления анионов (Гейровского, Левича, Фрумкина).
42. Влияние материала электрода и растворителя на скорость стадии разряда-ионизации. Исправленные тафельские зависимости (ИТЗ)
43. Электрохимические реакции с последовательным переносом электронов.
44. Кинетика стадийного протекания электрохимического процесса со сравнимыми скоростями последовательных стадий.
45. Кинетика электродных процессов с участием комплексов металлов.
46. Электрохимические процессы в условиях медленной гетерогенной химической реакции.
47. Импеданс гетерогенной химической реакции.
48. Электрохимические процессы в условиях медленной химической реакции в объеме раствора (гомогенная химическая реакция). Концепция реакционного слоя.
49. Общий случай гомогенной химической реакции.
50. Импеданс гомогенной химической реакции.
51. Установление механизма электродного процесса по порядкам электрохимических реакции.
52. Определение порядка по зависимости скорости реакции от концентрации; по зависимости плотности тока обмена от концентрации компонента; по зависимости тока обмена от равновесного потенциала.
53. Определение механизма электродного процесса по данным о порядке реакции и поляризационном наклоне.

### **6.3. Задания для самостоятельной домашней работы** (см. раздел ФОС)

### **6.4. Порядок выполнения самостоятельной работы**

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме и разделу дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины. Ко всем разделам дисциплины аспирантом осуществляется проработка конспектов лекций и прилагаемых вопросов, вынесенных на самостоятельное углубленное изучение с помощью основной и дополнительной литературы. В ходе освоения курса предполагается выполнение презентации по научно-исследовательской работе.

## **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) Презентация по научно-исследовательской работе

### **7.2. Порядок осуществления текущего контроля**

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная с 5 недели семестра

- 1) по контрольным вопросам для самостоятельной работы по всей дисциплине. Контроль и оценивание осуществляется в ходе собеседования с аспирантом.
- 2) в виде презентаций по теме научно-исследовательской работы.

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. Электрохимические методы анализа [Текст] : метод. указания / Анисимова, Рагузина Л. М., Сальникова Е. В. . - Оренбург : ГОУ ОГУ, Б. г. 2009. - 38 с. ; нет. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС "РУ-КОНТ"

### ***б) дополнительная литература:***

1. Кинетика химических реакций и равновесие химических процессов. **Основы электрохимии.** Варианты контрольных заданий [Электронный ресурс] : учебное пособие / сост.: А. А. Калинин. - Иваново : Ивановский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 1992. - 37 с. - Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия.– М.: Химия, 2006. – 672 с.

### ***б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы***

Курс лекций профессора Чурикова А.В. выставлен на сайтах:

1. Чуриков А.В. Электронный курс лекций Физхимия, 2 часть, “Электрохимия” 2012 г.. [http://library.sgu.ru/uch\\_lit/658-1.pdf](http://library.sgu.ru/uch_lit/658-1.pdf)

[http://library.sgu.ru/uch\\_lit/658-15.pdf](http://library.sgu.ru/uch_lit/658-15.pdf)

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](http://library.sgu.ru/uch_lit/657.pdf)

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для чтения лекций

2. Мультимедийная установка.

3. Для проведения научно-исследовательской работы имеется комплекс современного цифрового оборудования для решения учебных и научных проблем: учебно-лабораторные комплексы «Химия», трехэлектродные ячейки, электронные потенциостаты, сочетающие исполнительные устройства: потенциостаты/гальваностаты серии IPC, частотные анализаторы FRA; комплекс электрохимического оборудования «Autolab», криостат «Криовист», люминисцентный микроскоп «Альтами Люм 1», цифровые мультиметры, амперметры и вольтметры, энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX – 720HS (Шимадзу, Япония), лазерный дифракционный анализатор размера частиц SALD - 2021(Шимадзу, Япония), адсорбционная станция для измерения величины удельной поверхности, прибор Quantachrome NOVA 1200e (США) для распределения пор по радиусам адсорбционным методом.

Это позволяет проводить измерение физико-химических величин и изучение кинетики химических и электрохимических реакций стационарными и нестационарными методами с использованием компьютерных технологий.

На компьютерах установлено лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office 2003, 2007, Mathcad, Matlab

### 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:

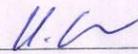
обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- 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  
д.х.н., профессор кафедры физической химии



И.А.Казаринов.

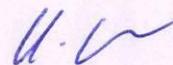
Разработанная программа одобрена на заседании кафедры физической химии

от 18 июня 2014 года, протокол № 14

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

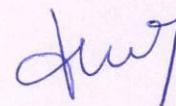
Актуализированная программа одобрена на заседании кафедры физической химии  
от 1 июня 2016 года, протокол № 10

Зав. кафедрой физической химии  
д.х.н., профессор



И.А. Казаринов

Директор Института химии  
д.х.н., профессор



О.В. Федотова