

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Аннотированная рабочая программа дисциплины  
Физикохимия границ раздела фаз**

Направление подготовки  
**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Квалификация  
**Специалист**

Форма обучения  
**Очная**

Томск – 2016

1. **Код и наименование дисциплины:** Б1.В.ДВ.1.3.1 «Физикохимия границ раздела фаз».

2. **Цель изучения дисциплины** – формирование у студентов системы знаний о строении границы раздела фаз, теории кинетики и термодинамики электродных процессов, закономерностях перехода электрохимических процессов в микроплазменные; ознакомление с новейшими достижениями в развитии теории микроплазменных процессов; освоение моделирования физикохимии процессов на границе раздела фаз под воздействием высокоэнергетических потоков, локализованных в нанослоях границы раздела фаз с учетом гидродинамики и распределения концентрации в приэлектродной области; получение необходимых практических навыков в области микроплазменного оксидирования материалов для создания материалов и покрытий с заданными свойствами.

3. **Год/годы и семестр/семестры обучения** – 4 курс, 7 и 8 семестры.

4. **Общая трудоемкость дисциплины** составляет 8 зачетных единиц, 288 часов, из которых 136 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (64 часа – занятия лекционного типа, 64 часа – занятия лабораторного типа, 8 часов – групповые консультации, защита индивидуального задания, коллоквиум), 80 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе 20 часов обучения в электронном дистанционном виде на «Микроплазменном тренажере». На промежуточный контроль отводится 72 часа (подготовка к экзаменам).

5. **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (заполняется в соответствии с картами компетенций)**

<b>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<b>Второй уровень</b> (углублённый) <b>(ОПК-2) – II</b> владение навыками химического эксперимента, синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций	<b>У (ОПК–2) – II – Уметь:</b> объяснить суть электрохимического синтеза материалов и покрытий и анализ результатов исследования физико-химических свойств материалов и покрытий <b>В (ОПК–2) – II – Владеть:</b> техникой исследования свойств материалов и покрытий на современном оборудовании, анализировать и интерпретировать полученные результаты
<b>Второй уровень</b> (углублённый) <b>(ПК-5) – II</b> способность приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций	<b>У (ПК–5) – II – Уметь:</b> применять фундаментальные знания для понимания постановки и решения задач по моделированию процессов формирования материалов и покрытий при высокоэнергетическом воздействии на границу раздела фаз, качественного описания формируемого покрытия, особенностей кинетики микроплазменного процесса <b>В (ПК–5) – II – Владеть:</b> техникой исследования процессов формирования материалов и покрытий с целью получения материалов и покрытий с заданными свойствами

<p><b>Первый уровень</b> (пороговый) <b>(СК-1) – I</b> способность использовать в исследованиях и расчётах приобретённые знания о физических и химических процессах получения веществ и материалов, их анализе, прогнозировании свойств;</p>	<p><b>З (СК-1) – I – Знать:</b> теоретические основы физикохимии процессов формирования материалов и покрытий на границе раздела фаз в высоковольтной электрохимии при локализации высокоэнергетических потоков на границе раздела фаз</p> <p><b>У (СК-1) – I – Уметь:</b> прогнозировать физические и физико-химические свойства материалов и покрытий на основе знания их химического, фазового состава, структуры и вольтамперных зависимостей процесса формирования материала и покрытия</p> <p><b>В (СК-1) – I – Владеть:</b> способностью проводить оптимизирование состава электролитов и режимов формирования материалов и покрытий с целью синтеза их с заданными функциональными свойствами</p>
--	---

## 6. Содержание дисциплины (модуля) и структура учебных видов деятельности

### 6.1. Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)					Самостоятельная работа (час.)	Подготовка к экзамену (час.)
		Лекции	Семинары	Консультации	Лабораторные работы	Коллоквиумы, защита ИЗ		
Физикохимия процессов на границе раздела фаз при локализации на ней высокоэнергетических потоков.	10	6			4			
Строение границы раздела фаз. Кинетика и термодинамика электродных процессов	22	8			4		10	
Закономерности перехода электрохимических процессов в микроплазменные при прохождении токов большой плотности.	24	6	2		6		10	
Моделирование процессов формирования наноструктурных неметаллических неорганических покрытий. Постановка диффузионных задач, решение.	34	16		2	6		10	
Высоковольтные микроплазменные процессы, разработка измерительного, исследовательского и технологического оборудования для исследования процессов формирования наноструктурных неметаллических функциональных покрытий	46	10			16		20	
Методы исследования свойств и области применения наноструктурных неметаллических неорганических функциональных покрытий	30	6	2		12		10	
Исследование толщины, пористости, морфологии, адгезии нанотвердости, износостойкости ННН покрытий.	30	6		2	12		10	
Конструирование наноструктурных материалов и покрытий с атомарной точностью и заданными функциональными свойствами.	20	6				4	10	
Промежуточная	72							72
<b>Итого</b>	<b>288</b>		<b>72</b>		<b>64</b>		<b>80</b>	<b>72</b>

## 6.2. Содержание дисциплины «Физикохимия границы раздела фаз»

**Модуль 1. Введение. Физикохимия процессов на границе раздела фаз при локализации на ней высокоэнергетических потоков.**

*Строение границы раздела фаз. Кинетика и термодинамика электродных процессов в классической электрохимии.*

Строение, вид и величина границы раздела фаз. Термодинамика растворения, электрохимические и электродные реакции, потенциал, напряжение. Закон Фарадея. Электрохимическая термодинамика и стационарные процессы. Поляризация, перенапряжение ячейки. Кинетика электродных реакций, равновесный потенциал, плотность тока обмена. Скорость электрохимической обработки. Выход по току. Электрохимический эквивалент. Двойной электрический слой и электрокапиллярные явления. Уравнение Юнга. Соотношение Неймана. Уравнение Фика. Распределение плотности тока. Анодное растворение и электрохимическая коррозия металлов. Кинетическая теория коррозии. Методы защиты от коррозии. Пассивность металлов. Уравнение Липпмана. Емкость двойного электрического слоя. Строение границы раздела фаз без каких-либо воздействий. Модель Штерна, Гуи-Чапмэна, Гельмгольца. Функция Бесселя Гугенгейма. Электрохимическая термодинамика. Напряжение Гальвани Вольта. Равновесный потенциал. Электродная реакция и реакция ячейки. Анодный и катодный ток. Перенапряжение, поляризация. Плотность тока обмена. Изобарно-изотермический потенциал. Зависимость напряжения ячейки от температуры и выделение тепла в гальванической цепи. Электрохимический потенциал. Зависимость равновесного напряжения ячейки от давления и концентрации. Теория ДЛФО. Эффект Марангони-Бренстеда. Движение жидкости по твердой поверхности. Гидродинамический аспект. Кинетика. Типовые режимы (потенциодинамический, потенциостатический, гальваностатический, кулоностатический) воздействия на границу раздела «металл-оксид-раствор» при микроплазменных процессах в электролитах. Кинетика капиллярного поднятия. Термокапиллярное пленочное течение. Осмотический эффект. Течение под действием концентрационных изменений. Нерастворимые монослои на поверхности жидкости. Монослои и их состояние. Различные виды перехода. Перенапряжение перехода, диффузии, реакции, кристаллизации. Общее перенапряжение. Линейная диффузия. Электродные процессы в условиях линейной, сферической и цилиндрической диффузии (хроноамперометрия, хронопотенциометрия, хроновольтамперометрия, полярография, вращающийся дисковый электрод). Электродные процессы, протекающие в условиях ограниченной области диффузии. Электродные процессы, контролируемые скоростью переноса заряда в условиях линейной диффузии. Электродные процессы с предшествующими химическими реакциями первого порядка. Электродные процессы с последующими химическими реакциями первого порядка (хроноамперометрия, хронопотенциометрия, хроновольтамперометрия). Каталитические электродные процессы.

*Закономерности перехода электрохимических процессов в микроплазменные при прохождении токов большой плотности.*

Формирование барьерного слоя, пробой, факторы очистки. Плазменные процессы на границе жидкость-жидкость. Уравнение для напряжения электрического поля. Теоретические основы моделирования состояния границы раздела при высокоэнергетическом воздействии. Импульсные процессы на поверхности твердое тело-жидкость. Параметрическая теория вольтамперных зависимостей импульсных процессов в растворах.

Физико-химические закономерности процессов на границе раздела фаз. Процессы доставки, миграции, кристаллизации. Моделирование физических и химических процессов в единичном нитевидном канале при его росте в оксидном слое. Математическая задача, ее решение и анализ полученных соотношений.

Высокоэнергетическое воздействие на границе раздела фаз. Стационарные и нестационарные режимы воздействия на границу раздела электрод-раствор при микроплазменной обработке металлов. Методы воздействия на границу раздела фаз.

Микроплазменные системы для нанесения и формирования функциональных наноструктурных покрытий.

Влияние амплитуды и длительности импульса поляризующего напряжения и времени микроплазменной обработки на форму вольтамперных характеристик микроплазменного формирования наноструктурных неметаллических неорганических покрытий на магнии, алюминии, титане, цирконии и морфологию этих покрытий. Закономерности образования биокерамических покрытий на титане в электролитах различного состава. Влияние состава и концентрации электролита на форму циклических вольтамперных характеристик в процессе микроплазменного формирования наноструктурных неметаллических неорганических покрытий.

***Моделирование формирования функциональных покрытий при локализации высокоэнергетических потоков на границе раздела фаз Высоковольтные электрохимические процессы.***

Методы исследования параметров микроплазменных процессов на границе раздела фаз при формировании покрытий. Параметрическая теория вольтамперных зависимостей импульсных процессов в растворах. Параметры микроплазменных систем для получения слоистых градиентных оксидных покрытий на сплавах алюминия. Физико-химические закономерности на границе металл-оксид-раствор при микроплазменной обработке. Теоретические исследования термодинамического состояния поверхности металла в растворе под потенциалом в процессах ее обработки токами большой плотности. Методы определения механизма электрохимической реакции. Определение вида перенапряжения. Измерения с постоянным, переменным током. Сравнение различных методов. Нахождение порядка электрохимической реакции. Нахождение порядка замедленно протекающих предшествующих химических реакций. Выявление кинетики реакции. Теоретические основы очистки и стерилизации медицинского инструмента. Диффузионные Модели образования градиентных слоистых керамических покрытий. Скорость электродных процессов. Диффузионная модель в случае образования слоистых градиентных оксидных покрытий с порами большой величины. Постановка задачи. Расчет скорости роста слоистого градиентного оксидного покрытия из раствора. Распределение концентрации ионов кислорода в градиентном слое. Диффузионная модель в случае образования слоистого градиентного оксидного покрытия с порами малой величины. Распределение концентрации ионов. Определение зависимости скорости роста оксидного покрытия от времени и концентрации. Многостадийные электродные процессы. Моделирование процессов роста многокомпонентных Микроплазменных покрытий. Закономерности образования и осаждения дисперсных частиц в покрытие.

***Разработка измерительного, исследовательского и технологического оборудования для исследования параметров процессов формирования наноструктурных неметаллических неорганических покрытий.***

Высоковольтные электрохимические процессы. Разработка измерительного и технологического оборудования для исследования процессов формирования покрытий. Вольтамперные характеристики – новый инструмент процесса формирования покрытий. Связь вольтамперных характеристик с параметрами микроплазменных процессов.

**Модуль 2. Методы исследования свойств и области применения наноструктурных материалов и покрытий.**

***Материалы и покрытия. Создание наноструктурных неметаллических неорганических покрытий на сплавах алюминия, магния, титана, циркония.***

Микроплазменные системы для получения покрытий с высокой адгезией, стойких к износу, коррозии, высоким температурам, с низкой шероховатостью, биоактивных,

декоративных и других. Очистка поверхности стальных изделий. Конструирование многокомпонентных износостойких покрытий на сплавах алюминия. Конструирование покрытий с квазипериодическим распределением пор. Способ модифицирования поверхности медицинских изделий, выполненных из титана и его сплавов лекарственными препаратами для кардиохирургических имплантатов – стентов. Микроплазменные процессы и мембраны. Микроплазменные процессы на мембранах.

Керамические структуры с атомарной точностью. Развитие научных методов производства функциональных наноматериалов с атомарной точностью. Химические, физические и механические методы синтеза. Молекулярная эпитаксия с ЧПУ. Механосинтез алмазоподобных материалов посредством сканирующего зонда. Ограничения метода сборки «снизу-вверх».

### **6.3. Форма промежуточной аттестации – зачёт (2), экзамен (2)**

## **7. Ресурсное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература**

1. Мамаев А.И. Формирование наноструктурных неметаллических неорганических покрытий путем локализации высокоэнергетических потоков на границе раздела фаз: учеб. пособие / В.А. Мамаева, В.Н. Борилов, Т.И. Дорофеева. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010 – 360 с.
2. Дамаскин Б.Б. Электрохимия / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с
3. Гаврилов С.А. Электрохимические процессы в технологии микро- и нанoeлектроники: учеб. пособие для вузов / С.А. Гаврилов, А.Н. Белов. М.: Высшее образование, 2009. – 257 с.
4. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности: Учебник-монография / В.И. Радугин. Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2011. – 564 с.
5. Суминов И.В. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов / И.В. Суминов [и др.]. М.: Техносфера, 2011. – 464 с.

### **7.2. Дополнительная литература**

1. Мамаев А.И. Сильноточковые процессы в растворах электролитов / В.А. Мамаева. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. - 254 с. (20 экз. на кафедре)
2. Дамаскин Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику: учебное пособие / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. М.: Высшая школа, 1983. – 401 с.
3. Суминов А.В. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / А.В. Суминов [и др.]. М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 368с.
4. Compton R.G. Dickinson Understanding Voltammetry - Problems and Solutions World Scientific / Batchelor-McAuley Ch. Dickinson Ed. J. F. (2012)  
<http://www.worldscibooks.com/chemistry/p783.html>

### **7.3. Электронные ресурсы**

1. Compton R. G., Dickinson Understanding Voltammetry - Problems and Solutions World Scientific / Batchelor-McAuley Ch. Dickinson Ed. J. F. (2012)  
<http://www.worldscibooks.com/chemistry/p783.html>
2. Compton R. G., Understanding Voltammetry - Simulation of Electrode Processes. World Scientific (2014) / Laborda E., Ward K. R.  
<http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/p910>
3. Гудымович Е.Н. Применение методов литографии в процессах нанесения слоев, формирования и переноса наноразмерного изображения на покрытия различного рода. Томск, 2010 (электронное учебное пособие)  
<https://www.startbase.ru/download.html?file...title>

**8. Преподаватели** (авторы): д.х.н., профессор А.И. Мамаев, д.т.н., профессор В.А. Мамаева, к.х.н., доцент Т.И. Изаак.