

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
Белорусского государственного университета

А.Л.Толстик

28.05.2012

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-8133/баз.

## **ФИЗИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭЛЕКТРОХИМИИ**

**Учебная программа для специальности  
1-31 05 01 Химия (по направлениям)**

Направления специальности:

1-31 05 01-01 научно-производственная деятельность

Минск, 2012 г

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

Е.А. Стрельцов, заведующий кафедрой электрохимии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

Е.В. Павлечко, доцент кафедры электрохимии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент.

## **РЕЦЕНЗЕНТ:**

В.В.Егоров, профессор кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор;

А.В.Блохин, профессор кафедры физической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор.

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой электрохимии Белорусского государственного университета  
(протокол № 10 от 20.04.2012)

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского  
государственного университета

(протокол № 5 от 28.05.2012)

Ответственный за редакцию: Е.А. Стрельцов

Ответственный за выпуск: Е.В.Павлечко

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

*Предметом* данного курса является детальное знакомство студентов с физическими и оптическими методами, которые используются для изучения поверхности металлических и полупроводниковых электродов, двойного электрического слоя, структуры растворов электролитов.

*Цель* курса «Физические и оптические методы в электрохимии» заключается в том, чтобы дать студенту понимание принципиальных основ, теоретической базы, практических возможностей, а также ограничений физических и оптических методов исследования электрохимических объектов. Курс знакомит с принципами функционирования, аппаратным оформлением рассматриваемых методов и условиями проведения эксперимента, прививает умение интерпретировать и грамотно оценивать экспериментальные данные.

*Задачи* курса заключаются в формировании у студентов базы знаний, позволяющей ориентироваться в вопросах применения физических и оптических методов в процессах формирования поверхностных пленок, реконструкции поверхности электродов, электрохимической адсорбции монослоев, электроосаждения металлов и сплавов, изучения процессов коррозии и др., а также определять круг задач, решаемых с помощью физических и оптических методов, выбирать наиболее приемлемые варианты методик.

В результате освоения курса студенты должны *знать* основы таких методов как:

- сканирующая туннельная микроскопия и атомно-силовая микроскопия на границе электрод/раствор;
- электрохимическая кварцевая микрогравиметрия;
- электроотражение на полупроводниковых и металлических электродах;
- спектроскопия комбинационного рассеяния и ИК-спектроскопия поверхности электродов и растворов электролитов;
- эллипсометрия;
- электролюминесценция и фотолюминесценция;
- методы исследования структуры растворов (спектроскопия ядерного магнитного резонанса и электронного парамагнитного резонанса).

Студенты должны *уметь*:

- решать учебные и исследовательские задачи, связанные с вопросами применения физических и оптических методов исследования различных неорганических и органических объектов (в том числе объектов нанохимии);
- делать оптимальный выбор необходимых методов для решения поставленных исследовательских задач и делать заключения на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных.

В списке основной литературы представлены как базовые учебники, так и монографии, посвященные различным разделам курса. Дополнительная литература предназначена для углубленного ознакомления с отдельными вопросами, практического закрепления полученных знаний и умений. Ее перечень может обновляться по мере конкретизации вопросов программы.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов			
		Аудиторные			
		Лекции	Практич., семинар	Лаб. занят.	КСР
1	Области исследования поверхностей электродов физическими и оптическими методами: формирование тонких пленок, адсорбция монослоев, электроосаждение металлов и сплавов, реконструкция поверхности, начальные стадии фазообразования.	2			
2	Сканирующая туннельная микроскопия и атомно-силовая микроскопия на границе электрод/раствор. Электрохимическая кварцевая микрогравиметрия	2	2		
3	Метод модуляционной спектроскопии в УФ-видимой области на полупроводниковых и металлических электродах	2			
4	Спектроскопия комбинационного рассеяния и ИК-спектроскопия поверхности электродов. Использование спектроскопии КР и ИК для изучения нанообъектов	4	2		2
5	Эллипсометрия. Возможности эллипсометрии при изучении процессов адсорбции на плоских поверхностях полупроводников и металлов, адсорбции веществ на границе жидкость-газ и жидкость-жидкость, процессов катализа на микроуровне, свойств верхних слоев поверхностей, подвергнутых коррозии	2	1		
6	Электролюминесценция и фотолюминесценция полупроводниковых наночастиц	2	1		1
7	Методы исследования структуры растворов. Характер движения молекул и ионов в растворах. Особенности структуры растворов электролитов. Мгновенная и колебательно-усредненная структура жидкости. Исследование чисел сольватации, подвижности ионов и их ассоциации.	2	1		
	Итого:	16	7		3
	Всего:	26			

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Введение

Особенности поверхностей электродов и влияние на них электродных реакций. Наиболее важные области исследования поверхностей электродов физическими и оптическими методами: адсорбция монослоев, электроосаждение металлов и сплавов, анодные пленки, релаксация поверхности и реконструкция поверхности.

**Раздел 1. Сканирующая туннельная микроскопия и атомно-силовая микроскопия на границе электрод/раствор. Электрохимическая кварцевая микрогравиметрия (electrochemical quartz crystal microbalance, EQCM).**

Особенности применения данных методов. Примеры конкретных электрохимических систем. Требования к электродам, электролитам. Использование методов в нанотехнологиях.

**Раздел 2. Электроотражение на полупроводниковых и металлических электродах**

Метод модуляционной спектроскопии (электроотражение) в УФ-видимой области на полупроводниковых и металлических электродах. Изучение процессов специфической адсорбции ионов, формирования адатомов, образования комплексов с переносом заряда. Получение информации о зонной структуре полупроводников, поверхностных электронных состояниях в запрещенной зоне.

**Раздел 3. Спектроскопия комбинационного рассеяния и ИК-спектроскопия поверхности электродов.** Идентификация фазовых осадков, субмонослойных пленок, адсорбированных молекул на поверхности электродов. Особенности идентификации оксидов, халькогенидов, аллотропных модификаций углерода (в том числе углеродных нанотрубок, графена, оксида графена, частично восстановленного оксида графена). Гигантское комбинационное рассеяние на поверхности электродов из Au, Ag, Cu. Использование спектроскопии КР и ИК для изучения нанобъектов (квантовых точек, нанопроволок, атомных слоев и др.). Спектрофотометрия прозрачных электродов.

**Раздел 4. Эллипсометрия.** Использование эллипсометрии для изучения окисления и восстановления поверхности электродов. Возможности эллипсометрии при изучении процессов адсорбции на плоских поверхностях полупроводников и металлов, адсорбции веществ на границе жидкость/газ и жидкость/жидкость, процессов катализа и электрокатализа на микроуровне, свойств поверхностей, подвергнутых коррозии. Контроль чистоты полупроводниковых поверхностей (в полупроводниковой электронике).

**Раздел 5. Электролюминесценция и фотолюминесценция полупроводниковых наночастиц в растворах и тонких пленках.** Наночастицы полупроводников на поверхности электродов. Коллоидные растворы наночастиц полупроводников. Нанопористый структуры (нанопористый кремний). Изучение частиц типа ядро-оболочка. Исследование размерного эффекта формирования дискретных энергетических уровней (эффект размерного квантования).

**Раздел 6. Методы исследования структуры растворов.** Характер движения молекул и ионов в растворах. Особенности структуры растворов электролитов. Мгновенная и колебательно-усредненная структура жидкости. Ассоциаты и кластеры в жидкостях. Радиальная функция распределения. Особенности применения спектроскопических методов для исследования свойств растворов электролитов. Резонансные методы: спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Исследование чисел сольватации, подвижности ионов и их ассоциации методом ЯМР.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная

1. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, 2006. – 683 с.
2. Драго Р., Физические методы в химии. В 2 т. – М.: Мир, 1981.
3. Грассели Дж., Снейвели М., Балкин Б. Применение спектроскопии КР в химии. М. 1884.
4. Тягай В.А., Снитко О.В. Электроотражение света в полупроводниках. Наук. Думка. 1980. – 301 с.
5. Пшеницин В.И., Абаев М.И., Лызлов Н.Ю. Эллипсометрия в физико-химических исследованиях. Л., 1986.
6. Оджаев В.Б., Свиридов Д.В., Карпович И.А., Понарядов В.В. Современные методы исследования конденсированных материалов. Мн: БГУ, 2003 – 79 с.

### Дополнительная

7. Дамаскин, Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. – М.: Химия, 2001. – 623 с.
8. Advances in Electrochemical Science and Engineering. Vol. 9. Diffraction and Spectroscopic Methods in Chemistry. – Wiley-VCH Verlag GmbH. – 2006. – 427 с.
9. Kolb D.M., Simeone F.C. Electrochemical nanostructuring with an STM: A status report Electrochimica Acta. 2005. Vol. 50. – P.2989–2996.
10. McBreen J. Physical Methods for Investigation of Electrode Surfaces. In: Fundamentals of Electrochemistry, 2<sup>nd</sup> Edition. – Wiley-VCH Verlag GmbH. – 2005. – 752 с.
11. Bard A.J., Ding Z., Myung N. Electrochemistry and Electrogenerated Chemiluminescence of Semiconductor Nanocrystals in Solutions and in Films // Struc Bond. 2005. Vol. 118. P.1–57
12. Raman spectroscopy for nanomaterials characterization. Editor C.Kumar. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2012. – 643 p.