



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

**Институт физической химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук
(ИФХЭ РАН)**

Рабочая программа дисциплины

Основы метода поверхностного плазмонного резонанса

по направлению подготовки - 04.06.01 Химические науки (уровень
подготовки кадров высшей квалификации)

Специальность 02.00.04- Физическая химия

Москва

2014 год

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины Подготовить аспирантов и специалистов – физико-химиков к научно-исследовательской деятельности, связанной с разработкой и применением методов поверхностного плазмонного резонанса в различных областях материаловедения и физической химии.

Задачи дисциплины: Создание углубленного представления о поверхностном плазмонном резонансе. Освоение теоретических основ метода поверхностного плазмонного резонанса, изучение поведения различных систем и исследования их характеристик, а также возможности ППР-технологии *in situ* оценивать оптические константы и геометрию тонких пленок в реальном режиме времени, что весьма привлекательно для исследования различных электрохимических и адсорбционных процессов. Формирование глубокого понимания общих закономерностей, описывающих изменение термодинамических функций в химических реакциях и физикохимических процессах. Обучение навыкам теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области супрамолекулярной химии, методам планирования экспериментов и обработки их результатов, систематизирования и обобщения как уже имеющейся в литературе, так и самостоятельно полученной в ходе исследований информации.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Настоящая дисциплина «Основы метода поверхностного плазмонного резонанса» - модуль основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки по специальности 02.00.04- Физическая химия.

Обучающийся по данной дисциплине должен иметь фундаментальные представления по физической химии. Для изучения данной дисциплины необходимо высшее образование с освоением курса физической химии для химических специальностей.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

Универсальные компетенции:

способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5).

Общепрофессиональные компетенции:

способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в физической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

готовность организовать работу исследовательского коллектива в области химии и смежных наук (ОПК-2);

готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования в области физической химии (ОПК-3).

Профессиональные компетенции:

способность и готовность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки (ПК-1);

готовность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований, разрабатывать задания для исполнителей, к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи, использовать современные приборы и методики (ПК-2);

способность организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты, обобщать в виде научных статей для ведущих профильных журналов (ПК-3);

готовность к созданию новых экспериментальных установок для проведения лабораторных практикумов, к разработке учебно-методической документации для проведения учебного процесса (ПК-4).

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часа).

Дисциплина изучается на 2-м и 3-м годах аспирантуры. Дисциплина состоит из 6-и разделов. На 2-м году обучения изучаются первые три раздела (3 зачетных единицы, 108 ч), на 3-м году изучаются последние 3 раздела (3 зачетные единицы, 108 ч).

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Основы метода поверхностного плазмонного резонанса	216	108	72		36		108	зачет

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Введение в метод поверхностного плазмонного резонанса	14		6		16
2	Теоретическое обоснование ППР	12		6		18
3	Кинетические модели, описывающие	10		6		20

	взаимодействия на поверхности				
4	Химия поверхности в методе поверхностного плазмонного резонанса	10		6	16
5	Применение ППР для решения фундаментальных и практических задач	10		6	18
6	Тенденции в ППР технологии	16		6	20

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Введение в метод поверхностного плазмонного резонанса	1. Что представляет собой эффект поверхностного плазмонного резонанса (ППР)? 2. Конструкции ППР приборов. 3. История биосенсоров на основе ППР.	Лекции, семинары, практические работы
2	Теоретическое обоснование ППР	1. Принцип полного внутреннего отражения. 2. Затухающая волна. 3. Поверхностные плазмоны. 4. Поверхностный плазмонный резонанс. 5. Спектроскопия поверхностного плазмонного резонанса.	Лекции, семинары, практические работы
3	Кинетические модели, описывающие взаимодействия на поверхности	1. Количественная оценка адсорбции на границе. 2. Определяющие факторы явления адсорбции. 3. Механизмы адсорбции. 4. Кинетика ограниченных транспортом биомолекулярных взаимодействий на поверхности сенсора.	Лекции, семинары, практические работы
4	Химия поверхности в методе поверхностного плазмонного резонанса	1. Адгезия связывающих слоев на поверхности золота, стекла и пластика. 2. Биоинертные матрицы. 3. Выбор оптимальной наноструктуры. 4. Процедура связывания для иммобилизации лиганда.	Лекции, семинары, практические работы
5	Применение ППР для решения фундаментальных и практических задач	1. Сенсоры на основе метода ППР. 2. Анализ качества продуктов питания. 3. Медицинская диагностика. 4. Мониторинг окружающей среды.	Лекции, семинары, практические работы

6	Тенденции в ППР технологии	1. Тенденции ППР оборудования. 2. Тенденции флюидики. 3. Тенденции сенсоров на поверхности. 4. Тенденции измерения кинетических параметров.	Лекции, семинары, практические работы
---	-----------------------------------	--	---------------------------------------

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Сопровождение лекций визуальным материалов в виде слайдов, подготовленных с использованием современных компьютерных технологий (программный пакет презентаций Microsoft Office Powerpoint), проецируемых на экран с помощью видеопроектора, а также результатов компьютерного моделирования физикохимических процессов.
3. Проведение практических работ в научной лаборатории, участие обучаемых в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Виды самостоятельной работы: в домашних условиях, в читальном зале библиотеки, на компьютерах с доступом к базам данных и ресурсам Интернет, в лабораториях с доступом к лабораторному оборудованию и приборам.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций, учебное и научное программное обеспечение, ресурсы Интернет.

Форма контроля знаний – зачет в конце курса, включающий теоретические вопросы и задачу.

Контрольные вопросы к зачету:

Введение в метод поверхностного плазмонного резонанса

Что представляет собой эффект поверхностного плазмонного резонанса (ППР)? Простейшие примеры. Измерения в режиме реального времени.

Конструкция ППР приборов. Корпус прибора. Гониометр. Призма Кретчмана. Оптический модуль (лазерный диод и детектор). Электронный модуль (плата для преобразования оптического сигнала в электрический). Ячейка.

История биосенсоров на основе ППР. Ранняя история. История после 90-х годов.

Теоретическое обоснование ППР

Принцип полного внутреннего отражения. Коэффициентами преломления. Затухающая волна. Поверхностные плазмоны. Световые фотоны.

Поверхностный плазмонный резонанс. Причины возникновения. Резонансная длина волны света. Плазмоны. Электрическое поле. Осцилляция плотности заряда. Поверхностная плазменная волна.

Спектроскопия поверхностного плазмонного резонанса. Усиление флуоресценции и поглощения.

Кинетические модели, описывающие взаимодействия на поверхности

Количественная оценка адсорбции на границе. Понятие адсорбции.

Оптическая количественная оценка адсорбции.

Определяющие факторы явления адсорбции. Массоперенос.

Механизмы адсорбции. Процессы, происходящие на поверхности раздела.

Влияние конкурирующих реакций. Поверхностные функции для различных моделей адсорбции.

Кинетика ограниченного транспортом биомолекулярных взаимодействий на поверхности сенсора. Константы связывания, полученные с помощью равновесного ППР сигнала. Константы связывания и скорости, полученные с помощью кинетического анализа. Константа диссоциации. Кинетические модели образования комплексов.

Химия поверхности в методе поверхностного плазмонного резонанса

Адгезия связывающих слоев на поверхности золота, стекла и пластика.

Выбор оптимальной поверхности. Адгезия связывающих слоев на поверхности металлов. Адгезия связывающих слоев на поверхности неорганических диэлектриков. Адгезия связывающих слоев на поверхности пластика.

Биоинертные матрицы. Неспецифическая адсорбция биомолекул.

Биоинертные гидрогели.

Выбор оптимальной наноструктуры. Двумерные поверхности. Двумерные гидрогели.

Процедура связывания для иммобилизации лиганда. Адсорбционная иммобилизация. Методы концентрирования для ковалентной иммобилизации. Электростатические методы. Направленная иммобилизация.

Применение ППР для решения фундаментальных и практических задач

Сенсоры на основе метода ППР. Применение метода ППР для определения химических и биологических объектов.

Анализ качества продуктов питания. Токсины. Витамины. Аллергены.

Медицинская диагностика. Маркеры рака. Вирусные антитела. Лекарства.

Другие молекулярные биомаркеры.

Мониторинг окружающей среды.

Тенденции в ППР технологии

Тенденции ППР оборудования. Переносные ППР приборы. ППР наночастиц.

Тенденции флюидики. Сенсорные микрочипы на золоте. Технология кодирования ДНК. Устройства "лаборатория на бумаге".

Тенденции сенсоров на поверхности. Фотоактивация поверхности для иммобилизации. Градиентная химия.

Тенденции измерения кинетических параметров. Модель для анализа констант скорости и равновесия. Примеры метода распределительного анализа.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Арсланов В.В. Нанотехнология. Коллоидная и супрамолекулярная химия: Энциклопедический справочник. Более 1000 словарных статей, упорядоченных по английским эквивалентам, Изд. URSS, 2015, 400 с
2. Schasfoort R. B. M., Tudos A. J. (ed.). Handbook of surface plasmon resonance. – Royal Society of Chemistry, 2008.
3. Homola J. Surface plasmon resonance based sensors. – Springer, 2006. – Т.

б) дополнительная литература:

1. Kretschmann, H. Raether, "Radiative decay of non-radiative surface plasmons excited by light", Z. Naturforsch. 1968, 23A, 2135–2136
2. X. Kang, G. Cheng, S. Dong, Electrochem. Commun. 2001, 3, 489-493
3. Otto, "Excitation of surface plasma waves in silver by the method of frustrated total reflection", Z. Physik. 1968, 216, 398–410

4. Raether, в кн.: "Surface plasmons on smooth and rough surfaces and on gratings", Springer-Verlag, Berlin, 1988
5. "Electromagnetic surface modes", (Ed. by A.D. Boardman), John Wiley and Sons, 1982
6. M.A. Ordal, L.L. Long, R.J. Bell, S.E. Bell, R.R. Bell, R.W. Alexander, J. Ward, C.A. Ward, "Optical properties of metals Al, Co, Cu, Au, Fe, Pb, Ni, Pd, Pt, Ag, Ti, and W in the infrared and far infrared", Appl. Opt. 1983, 11, 1099–1119
7. Zayats, O.A. Raitman, V.I. Chegel, A.B. Kharitonov, I. Willner, Anal. Chem. 2002, 74, 4763-4773
8. Sasaki, R. Nagata, B. Hock, I. Karube, Anal. Chim. Acta 1998, 368, 71-76
9. Frutos, R.M. Corn, Anal. Chem. News&Feat. 1998, July, 449-455
10. Y. Tsoi, J. Yang, Y. Sun, S. Sui, M. Yang, Langmuir 2000, 16, 6590-6596
11. H. Sota, Y. Hasegawa, M. Iwakura, Anal. Chem. 1998, 70, 2019-2024
12. J. O'Donnell, C.L. Honeybourne, J. Phys.: Condens. Matter 1991, 3, S337-S346
13. T.T. Ehler, J.W. Walker, J. Jurchen, Y. Shen, K. Morris, B.P. Sullivan, L.J. Noe, J. Electroanal. Chem. 2000, 480, 94-100
14. M.A. Cooper, D.H. Williams, Y.R. Cho, Chem. Commun. 1997, 1625-1626
15. J.M. Brockman, A.G. Frutos, R.M. Corn, J. Am. Chem. Soc. 1999, 121, 8044-8051
16. S. Koide, Y. Iwasaki, T. Horiuchi, O. Niwa, E. Tamiya, K. Yokoyama, Chem. Commun. 2000, 741-742
17. R. Georgiadis, K.A. Peterlinz, J.R. Rahn, A.W. Peterson, J.H. Grassi, Langmuir, 2000, 16, 6759-6762
18. B. Liedberg, C. Nylander, I. Lundström, Biosens. Bioelectron. 1995, 10, i-ix
19. R.L. Rich, D.G. Myszka, Anal. Biotech. 2000, 11, 54-61

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федерального портала Российское образование <http://www.window.edu.ru>, национальный WWW-сервер по химии www.chem.msu.ru

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

НОК располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

Аудитория для проведения лекций, оснащенная компьютером и проектором для показа слайдов компьютерных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к

международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Инструментальная база НОК основана на центре коллективного пользования физическими методами исследования ИФХЭ РАН. В составе имеющегося оборудования ЯМР-спектрометр фирмы «Брукер»: AVANCE II DRX-600, масс-спектрометр MALDI-TOF Bruker ultraflex III, масс-спектрометр ICP-MS - Bruker Daltonics aurora M90, спектрофотометр УФ и видимой области Specord M400, ИК-спектрометр Perkin-Elmer-2000, спектрофотометр Agilent 8453, сканирующий зондовый микроскоп Solver P47 PRO, атомно-силовой микроскоп – спектрометр Force Master 402 MD, рентгено-флюороресцентный микроанализатор VRA-30, рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-6000 и многие другие приборы. Лаборатории оснащены современными приборами для физико-химического анализа.

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных Приказа Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. N 869 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

Автор
заведующий лабораторией физической химии
супрамолекулярных систем
д.х.н., профессор

В.В. Арсланов

Программа утверждена на заседании секции при Ученом совете ИФХЭ РАН
«Физикохимия нано- и супрамолекулярных систем»
протокол № 54 от 16.06. 2014 г.

Ученый секретарь секции
д.х.н.

В.А. Котенев