



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

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

Рабочая программа дисциплины

Самоорганизованные наноструктурированные системы

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 самоорганизованных наноструктурированных систем в различных областях сенсорики, супрамолекулярной и физической химии.

Задачи дисциплины: Создание углубленного представления об объектах супрамолекулярной химии в материаловедении и в химической промышленности. Освоение теоретических основ планарной супрамолекулярной химии и супрамолекулярной химии организованных сред, базовых принципов дизайна функциональных молекул и методах их исследования, принципов создания новых материалов на основе слабых взаимодействий между молекулами. Формирование глубокого понимания общих закономерностей, описывающих поведение и взаимодействия самоорганизованных наноразмерных объектов в физико-химических процессах. Обучение навыкам теоретического анализа результатов экспериментальных исследований в области супрамолекулярной химии организованных сред, 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 «Самоорганизованные наноструктурированные системы» - 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 5-и разделов. На 2-м году обучения изучаются первые три раздела (3 зачетных единицы, 108 ч), на 3-м году изучаются последние 2 раздела (3 зачетные единицы, 108 ч).

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Самоорганизованные наноструктурированные системы	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	Коллоидные системы	12		6		18
2	Поверхностные явления и адсорбция	12		6		18
3	Поверхностно-активные вещества	12		6		18
4	Лиофильные дисперсные системы. Растворы коллоидных	20		12		28

	поверхностно-активных веществ. Организованные супрамолекулярные среды					
5	Сенсоры на основе организованных наноструктурированных систем	16		6		26

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Коллоидные системы	1. Понятие о коллоидных системах. 2. Классификация коллоидных и микрогетерогенных систем. 3. Оптические свойства коллоидных систем.	Лекции, семинары, практические работы
2	Поверхностные явления и адсорбция	1. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. 2. Капиллярное давление. 3. Адсорбция. 4. Смачивание. Адгезия.	Лекции, семинары, практические работы
3	Поверхностно-активные вещества	1. Понятие ПАВ. 2. Неионогенные ПАВ. 3. Анионные ПАВ. 4. Катионные ПАВ. 5. Цвиттерионные ПАВ	Лекции, семинары, практические работы
4	Лиофильные дисперсные системы. Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ. Организованные супрамолекулярные среды	1. Понятие о гидрофильно-липофильном балансе. 2. Мицеллообразование как явление самопроизвольного образования термодинамически равновесной лиофильной дисперсной системы. 3. Модели мицеллообразования. 4. Солюбилизация. 5. Формирование везикул. 6. Синтез наночастиц.	Лекции, семинары, практические работы
5	Сенсоры на основе организованных наноструктурированных систем	1. Сенсоры на основе ПЛБ. 2. Сенсоры на основе мицелл. 3. Сенсоры на основе наночастиц. 4. Гибридные сенсоры.	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:

Коллоидные системы

Понятие о коллоидных системах. Мера дисперсности. Гетерогенность коллоидных систем как их основное отличие от молекулярных растворов. Расклинивающее давление. Влияние дисперсности на свойства дисперсных систем.

Классификация коллоидных и микрогетерогенных систем.

Оптические свойства коллоидных систем. Рассеяние света. Поглощение света. Окраска коллоидных систем. Оптические методы исследования коллоидных систем.

Поверхностные явления и адсорбция

Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Понятие о поверхностном слое. Поверхностное натяжение. Факторы, влияющие на поверхностное натяжение.

Капиллярное давление. Капиллярное поднятие. «Плоские капилляры».

Адсорбция. Молекулярная адсорбция из растворов. Изотермы поверхностного натяжения. Связь между адсорбцией и поверхностным натяжением. Поверхностная активность. Правило Дюкло-Траубе. Уравнение адсорбции Гиббса. Теория мономолекулярной адсорбции Ленгмюра. Обобщение уравнений Гиббса и Ленгмюра. Строение адсорбционных слоев ПАВ. Изотермы сжатия. Техника Ленгмюра-Блоджетт. Использование поверхностных пленок. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. Пленки Ленгмюра-Шефера.

Смачивание. Адгезия. Общая характеристика явления смачивания. Связь между смачиванием и адгезией. Уравнение Юнга-Дюпре. Неограниченное растекание жидкости. Регулирование смачивания с помощью ПАВ. Флотация.

Поверхностно-активные вещества

Понятие ПАВ. Синтез ПАВ.

Неионогенные ПАВ. Алкоксилаты. Алканоамиды. Сложные эфиры жирных кислот.

Анионные ПАВ. Соли карбоновых кислот. Алкилбензолсульфонаты. Сульфированные сложные эфиры. Сложные эфиры фосфорной кислоты. Сульфаты и эфиросульфаты.

Катионные ПАВ. Четвертичные ПАВ. Аминооксиды. Амфотерные ПАВ.

Цвиттерионные ПАВ. Липиды.

Лиофильные дисперсные системы. Растворы коллоидных поверхностно-активных веществ. Организованные супрамолекулярные среды

Понятие о гидрофильно-липофильном балансе.

Мицеллообразование как явление самопроизвольного образования термодинамически равновесной лиофильной дисперсной системы. Изотерма поверхностного натяжения коллоидного (мицеллообразующего) ПАВ. Самоорганизация молекул (ионов) ПАВ с образованием наноразмерной

псевдофазы. Обратные мицеллы. ККМ. Влияние различных факторов на ККМ. Влияние длины и строения углеводородного радикала. Влияние температуры. Влияние электролитов. Влияние полярных органических веществ. Критерий Шукина–Ребиндера. Параметр упаковки Израелашвили.

Модели мицеллообразования. Мицеллярные растворы ПАВ как супрамолекулярные организованные среды. Сходство с макрогетерогенными системами. Отличия. Две модели мицеллообразования. Двухфазная (или псевдофазная) модель мицеллообразования. Гомогенная модель мицеллообразования. Константа равновесия мицеллообразования. Энтропийная природа мицеллообразования.

Солюбилизация. Особенности явления солюбилизации. Механизм солюбилизации. Влияние различных факторов на солюбилизацию. Взаимосвязь между солюбилизацией и структурой мицелл.

Формирование везикул.

Синтез наночастиц. Получение металлических наночастиц путем восстановления соответствующих солей. Реакции в микроэмульсионной системе.

Очистка мембранных белков с помощью мицеллярных систем. Точка помутнения. «Инженерные мицеллы»: образование и применение.

Сенсоры на основе организованных наноструктурированных систем

Сенсоры на основе ПЛБ. Оптические сенсоры. Пленочные сенсоры. Повышение стабильности сенсорных систем. Определение токсичных ионов в окружающей среде. Колориметрические сенсоры. Флуоресцентные сенсоры. Создание ППР-чипов на основе ПЛБ. Электрохимические сенсоры.

Сенсоры на основе мицелл. Оптические сенсоры. Колориметрические сенсоры. Мицеллы как наноразмерные контейнеры для самоорганизованных молекулярных устройств. Мицеллярные флуоресцентные сенсоры. Определение токсичных ионов в окружающей среде. Транспорт.

Сенсоры на основе наночастиц. Оптические сенсоры. Колориметрические сенсоры. Золотые наночастицы. Усиление плазмонного резонанса. Электрохимические сенсоры. Транспорт. Электрофорез. Определение токсичных ионов в окружающей среде. *Гибридные сенсоры.*

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. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества. – СПб. : Профессия, 2005.
3. Киенская К. И., Белик В. В. Физическая и коллоидная химия. – Москва, 2005.
4. Pallavicini P., Diaz-Fernandez Y. A., Pasotti L. Micelles as nanosized containers for the self-assembly of multicomponent fluorescent sensors //Coordination Chemistry Reviews. – 2009. – Т. 253. – №. 17. – С. 2226-2240.
5. Sharma A. K., Jha R., Gupta B. D. Fiber-optic sensors based on surface plasmon resonance: a comprehensive review //Sensors Journal, IEEE. – 2007. – Т. 7. – №. 8. – С. 1118-1129.
6. Шершавина А. А. Физическая и коллоидная химия. Методы физико-химического анализа: Учеб. пособие. – Новое знание, 2005.
7. Birdi K. S. (ed.). Handbook of surface and colloid chemistry. – CRC Press, 2008.

б) дополнительная литература:

1. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. – Рипол Классик, 1984..
2. Van Olphen H. Introduction to clay colloid chemistry. – 1977.
3. Цивадзе А. Ю., Варнек А. А., Хуторский В. Е. Координационные соединения металлов с краун-лигандами. - М.: Наука, 1991. 397 с.
4. Beer, P.D.; Gale, P. A.; Smith, D. K. Supramolecular Chemistry (Oxford Chemistry Primers, 74) Oxford University Press; 1999. 96 pages.
5. Holmberg K. (ed.). Handbook of applied surface and colloid chemistry. – Chichester : Wiley, 2002. – Т. 1.
6. Bergna H. E. The colloid chemistry of silica. – American Chemical Society, Washington, DC (United States), 1994. – №. CONF-900802.

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