



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ**

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

Рабочая программа дисциплины

Физико-химические основы супрамолекулярной химии

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 супрамолекулярной химии в различных областях материаловедения и физической химии.

Задачи дисциплины: Создание углубленного представления о супрамолекулярной химии и ее месте среди других химических наук, в материаловедении и в химической промышленности. Освоение теоретических основ супрамолекулярной химии, 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 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 «Физико-химические основы супрамолекулярной химии» - 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 9 зачетных единиц (324 часа).

Дисциплина изучается на 1-м, 2-м, 3-м и 4-м годах аспирантуры. Дисциплина состоит из 10-и разделов. На 1-м году обучения изучается первый раздел (1 зачетная единица, 36 ч), на 2-м и 3-м годах изучаются основные 8 разделов (7 зачетные единицы, 252 ч), на 4-м году изучается последний 10 раздел программы (1 зачетные единицы, 36 ч).

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)							Вид итогового контроля
		Всего о	Всего аудит.	Из аудиторных				Сам. работа	
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР.		
1	Физико-химические основы супрамолекулярной химии	324	180	108		72	36	108	экзамен

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	Общие представления о супрамолекулярной химии	10		10		16

2	Супрамолекулярная химия жизни	8		6		8
3	Связывание катионов	8		6		8
4	Связывание анионов	8		6		8
5	Связывание нейтральные молекул	8		6	12	10
6	Темплаты и самосборка	16		8		10
7	Молекулярные устройства	16		8		12
8	Биомиметика	10		6	12	12
9	Супрамолекулярные системы на поверхности раздела	12		6		12
10	Методы изучения пленок и покрытий	12		10	12	12

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий
1	Общие представления о супрамолекулярной химии	1. Определение и развитие супрамолекулярной химии 2. Классификация супрамолекулярных соединений хозяин–гость 3. Рецепторы, координация и аналогия «замок–ключ» 4. Хелатные и макроциклические эффекты 5. Предорганизация и комплементарность 6. Термодинамическая и кинетическая селективность 7. Природа супрамолекулярных взаимодействий	Лекции, семинары, практические работы
2	Супрамолекулярная химия жизни	1. Катионы щелочных металлов в биохимии 2. Порфириновые и тетрапиррольные макроциклы 3. Супрамолекулярные особенности фотосинтеза в растениях	Лекции, семинары, практические работы
3	Связывание катионов	1. Краун-эфиры 2. Лариат-эфиры и поданды 3. Криптанды 4. Сферанды 5. Номенклатура	Лекции, семинары, практические работы

		6. Поведение растворов 7. Селективность катионного комплексообразования 8. Макроциклический, макробикиклический и темплатный эффекты 9. Предорганизация и комплементарность 10. Каликсарены 11. Образование комплексов каликсаренов с катионами 12. Сидерофоры	
4	Связывание анионов	1. Биологические рецепторы анионов 2. Металлоорганические рецепторы 3. Нейтральные рецепторы 4. Координационные взаимодействия	Лекции, семинары, практические работы
5	Связывание нейтральных молекул	1. Неорганические твердые клатратные вещества 2. Внутриполостные комплексы нейтральных молекул: связывание в растворе и в твердом состоянии 3. Супрамолекулярная химия фуллеренов	Лекции, семинары, практические работы
6	Темплаты и самосборка	1. Введение 2. Биохимическая самосборка 3. Самосборка в синтетических системах: кинетический и термодинамический подходы 4. Самосборка координационных соединений 5. Катенаны и ротаксаны 6. Планарные матрицы: получение и свойства	Лекции, семинары, практические работы
7	Молекулярные устройства	1. Философия молекулярных устройств 2. Супрамолекулярная фотохимия 3. Информация и сигналы: семиохимия 4. Молекулярные электронные устройства: переключатели, провода и выпрямители 5. Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов 6. Супрамолекулярные машины на поверхности раздела	Лекции, семинары, практические работы
8	Биомиметика	1. Характеристики ферментов 2. Циклодекстрины как имитаторы ферментов 3. Металлобиоцентры 4. Аналоги гема 5. Сборка нуклеотидов на планарных матрицах	Лекции, семинары, практические работы
9	Супрамолекулярные системы на поверхности раздела	1. Порядок в жидкостях 2. Поверхностно-активные вещества и упорядочение поверхности раздела	Лекции, семинары, практические работы

		3. Методы сборки ультратонких организованных пленок	
10	Методы изучения пленок и покрытий	1. Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия 2. Зондовые методы (АСМ и СТМ) 3. Рентгеноэлектронная спектроскопия 4. Спектроскопия поверхностного плазмонного резонанса 5. Оптическая спектроскопия	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 – три контрольных и экзамен в конце курса, включающий теоретические вопросы и задачу.

Контрольная работа №1 (Примерные вопросы)

Вариант 1

1. Какие нековалентные взаимодействия могут быть использованы для создания каркасных структур? Привести примеры.
2. Приведите примеры супрамолекулярных объектов, основным «клеем» в которых являются ван-дер-ваальсовы взаимодействия.
3. Приведите примеры супрамолекулярных объектов, основным «клеем» в которых являются водородные связи.
4. Что такое металло-органические каркасные структуры (MOF)? Приведите примеры.

Вариант 2

1. Что такое селективная сольватация? Приведите примеры. Как используют это явление для повышения растворимости? В чем проблемы растворения таких объектов как аминокислот лейцин, валин, фенилаланин?
2. Приведите примеры супрамолекулярных систем, в которых сочетаются органические молекулы и неорганические соединения.
3. Какие области применения супрамолекулярных систем на основе неорганических гидроксидов вы можете назвать?
4. Как соотносятся по величине энергии разные типы межмолекулярных взаимодействий?

Вариант 3

1. Приведите примеры органических соединений, используемых в качестве хозяев в супрамолекулярных системах? На каких типах взаимодействий держатся эти системы?
2. Что такое принцип «наведенного соответствия» (induced fit)? Чем различаются представление о стерическом соответствии и представление о «химическом соответствии»?
3. Перечислите понятия, сформулированные в 19-20 веках, которые легли в основу супрамолекулярной химии.
4. Как и почему различаются шкалы кислотности для изолированных молекул и для тех же молекул в конденсированном состоянии?

Вариант 4

1. В чем принцип использования Кембриджского банка данных для изучения нековалентных взаимодействий?
2. Как, зная кристаллическую структуру, сделать предположения о межмолекулярных взаимодействиях, за счет которых она построена?
3. Как и почему изменяются $T_{пл}$ в ряду углеводов?

4. На каком принципе основано создание супрамолекулярных структур (решеток, геликатов) на основе ионов переходных металлов и органических молекул? В каких супрамолекулярных устройствах такие структуры могут использоваться? Каким образом?

Контрольная работа №2 (Примерные вопросы)

Вариант 1

1. Какие межмолекулярные взаимодействия присутствуют в структурах газовых гидратов? Почему высшие углеводороды не образуют газовые гидраты?
2. Как связаны возможность образования плотнейших упаковок и симметрия молекул?
3. Как устроены кристаллические структуры спиртов?
4. Как устроены кристаллические структуры карбоновых кислот?

Вариант 2

1. Как расположены друг относительно друга молекулы бензола в кристаллах? Почему?
2. Как может повлиять на структуру мицелл среда, в которой мицелла находится?
3. Каким образом можно использовать Кембриджский банк данных для анализа конформационной гибкости молекул?
4. Каким образом можно использовать Кембриджский банк данных для исследования взаимодействий активных свойств с лигандами?

Вариант 3

1. Влияние свободной энергии на константу связывания. Привести пример.
2. Каликсарены. Получение, строение, химическая модификация. Супрамолекулярные комплексы на их основе: типичные гости, типы взаимодействий, строение, применение.
3. Супрамолекулярные соединения типа «два хозяина». Примеры их на основе водородных и координационных связей.
4. (Само)организация амфифильных молекул.

Вариант 4

1. Кукурбитурил. Получение, строение, химическая модификация. Супрамолекулярные комплексы на их основе: типичные гости, типы взаимодействий, строение, применение.
2. Модификация поверхностей. Самоорганизованные слои.
3. Дендримеры.

4. Изобразите относительную шкалу сил супрамолекулярных взаимодействий. Сопоставьте ее со шкалой важности этих взаимодействий в супрамолекулярном дизайне хозяина для металлических катионов, принимая во внимание такие факторы, как направленность, легкость встраивания в каркас хозяина и склонность к усилению связывания за счет многоцентровых взаимодействий. Изменится ли эта оценка, если Вам нужно было бы сконструировать хозяина для анионов или нейтральных молекул? Какие взаимодействия могли бы быть важны при конструировании хозяина для следующих соединений: метан, бензол, метанол, фенол, аммоний, Cl^- , Na^+ , Ni^{2+} ?

Контрольная работа №3 (Примерные вопросы)

Вариант 1

1. Почему KMnO_4 не растворим в бензоле, но растворяется при добавлении 18-краун-6?
2. Какие типы связей наиболее часто участвуют в образовании супрамолекулярных комплексов? Что такое рецепторы?
3. Циклодекстрины. Получение, строение, химическая модификация. Супрамолекулярные комплексы на их основе: типичные гости, типы взаимодействий, строение, применение.
4. Что такое молекулярное распознавание?
5. Каким образом сканирующая туннельная и атомная силовая микроскопия используются для исследования супрамолекулярных систем?

Вариант 2

1. Краун-эфиры. Получение, строение. Супрамолекулярные комплексы на их основе: типичные гости, типы взаимодействий, строение, применение.
2. На чем основано использование супрамолекулярных комплексов для трансмембранного переноса?
3. Какие рецепторы могут быть использованы для связывания анионов?
4. Какие рецепторы могут быть использованы для связывания катионов?
5. Как проявляется образование супрамолекулярных комплексов в спектрах ЯМР?

Вариант 3

1. Приведите примеры использования представлений супрамолекулярной химии в катализе.
2. Что такое ротаксан? Что такое катенан? На чем основаны принципы их синтеза?
3. Приведите примеры неорганических рецепторов.
4. Почему кристаллы органических соединений можно рассматривать как супрамолекулярные ансамбли?

5. Как проявляется образование водородных связей в колебательных спектрах?

Вариант 4

1. Приведите примеры влияния среды на реакции органических соединений. С чем оно связано?
2. Как изменится дипольный момент молекулы аминокислоты при переходе в конденсированное состояние?
3. Какие соединения называются интеркаллантами? Приведите примеры. Где они применяются?
4. В чем заключается «топохимический принцип» Шмидта? Приведите примеры его работы.
5. Каким образом сканирующая туннельная и атомная силовая микроскопия используются для исследования супрамолекулярных систем?

Контрольные вопросы к экзамену:

Общие представления о супрамолекулярной химии

Определение и развитие супрамолекулярной химии. Что такое супрамолекулярная химия? Химия «хозяин–гость». Развитие представлений.

Классификация супрамолекулярных соединений хозяин–гость. Определение супрамолекулярных структур хозяин–гость. Кавитанды. Клатранды. Классификация супрамолекулярных соединений хозяин–гость для нейтральных хозяев.

Рецепторы, координация и аналогия «замок–ключ». Постулат П. Эрлиха. Постулат Э. Фишера. Постулат о селективном связывании.

Хелатные и макроциклические эффекты. Хелатный эффект. Поданды. Макроциклический эффект. Макробициклический эффект.

Предорганизация и комплементарность. Центры связывания. Сферанды. Свободная энергия комплексообразования.

Термодинамическая и кинетическая селективность. Селективность. Константы связывания и их измерение. Потенциометрическое титрование. ЯМР-титрование. Флуоресцентное титрование. Калориметрическое титрование. Эксперименты по экстракции.

Природа супрамолекулярных взаимодействий. Ион-ионные взаимодействия. Ион-дипольные взаимодействия. Диполь-дипольные взаимодействия. Водородная связь. Катион- π -взаимодействия. π - π -Стэкинг-взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса. Гидрофобные эффекты.

Супрамолекулярная химия жизни

Катионы щелочных металлов в биохимии. Мембранные потенциалы. Мембранный транспорт. Родопсин: супрамолекулярное фотонное устройство.

Порфириновые и тетрапиррольные макроциклы. Хлорофиллы. Кобаламины. Гем-комплексы. Коферменты. Свойства макроциклов.

Супрамолекулярные особенности фотосинтеза в растениях. Роль тетрапиррольных комплексов магния. Окисление воды до кислорода, катализированное марганцем.

Связывание катионов

Краун-эфиры. Открытие и область применения. Синтез.

Лариат-эфиры и поданды. Поданды. Лариат-эфиры. Бибрахильные лариат-эфиры.

Криптанدى. Сферическое распознавание ионов. Методы синтеза. Сепулькраты.

Сферанды. Модели Кори-Полинга-Колтуна. Методы синтеза.

Номенклатура.

Поведение растворов. Растворимость. Применение растворов.

Селективность катионного комплексообразования. Общие положения.

Краун-эфиры. Лариат-эфиры. Криптанدى.

Макроциклический, макробиициклический и темплатный эффекты.

Макроциклический эффект. Темплатный эффект. Синтез методом высокого разбавления. [2+2]-циклоконденсация.

Предорганизация и комплементарность. Термодинамические эффекты. Кинетический и динамический эффекты.

Каликсарены. Образование комплексов каликсаренов с катионами. Равновесие межфазного переноса. Образование комплексов гибридных каликсаренов с катионами.

Сидерофоры. Сидеодорфы природного происхождения. Синтетические системы.

Связывание анионов

Биологические рецепторы анионов. Белки, связывающие фосфаты и сульфаты. Аргинин как центр связывания анионов. Карбоксипептидаза А.

Металлоорганические рецепторы. Циклическая вольтамперометрия супрамолекулярных соединений.

Нейтральные рецепторы. Цвиттер-ионы. Хозяева, образующие водородные связи. Льюисовские кислотные хелаты. "Гидридная губка". Антикрауны.

Координационные взаимодействия.

Связывание нейтральных молекул

Неорганические твердые клатратные вещества. Клатратные гидраты. Образование. Структуры. Свойства. Применение. Цеолиты. Синтез. Твердые слоистые материалы. Клатраты Хофмана и Вернера.

Внутриполостные комплексы нейтральных молекул: связывание в растворе и в твердом состоянии. Внутренняя кривизна хозяев. "Строительные блоки". Каликсарены. Динамика обмена гостей в кавитатах. Циклодекстрины. Соединения включения. Промышленное применение.

Супрамолекулярная химия фуллеренов. Фуллерены как гости. Фуллерены как хозяева. Фуллерены как сверхпроводящие соединения включения.

Темплаты и самосборка

Введение. Цели и задачи. Терминология.

Биохимическая самосборка. Вирус табачной мозаики. Самосборка с ковалентной модификацией.

Самосборка в синтетических системах: кинетический и термодинамический подходы. Темплатные эффекты в синтезе. Термодинамическая модель: самосборка порфириновых комплексов цинка.

Самосборка координационных соединений. Принципы дизайна. Супрамолекулярный куб. Металлические ансамбли. Самосборка закрытых комплексов с помощью водородных связей.

Катенаны и ротаксаны. Статистический подход к синтезу катенанов и ротаксанов. Псевдоротаксаны. Самораспознавание и позитивная кооперативность. Наноциклы.

Планарные матрицы: получение и свойства.

Молекулярные устройства

Философия молекулярных устройств. Что такое супрамолекулярное устройство.

Супрамолекулярная фотохимия. Основы фотохимии. Биметаллические системы и системы со смешанной валентностью. Устройства для преобразования света. Нековалентно связанные системы.

Информация и сигналы: семиохимия. Фотохимические сенсоры. Флуорофоры. Электрохимические сенсоры.

Молекулярные электронные устройства: переключатели, провода и выпрямители. Молекулярные провода. Молекулярные выпрямители. Электропереключаемая люминесценция. Переключаемое связывание. Аллостерические переключатели.

Молекулярные машины на основе катенанов и ротаксанов. Химия «челноков» и «станций». Молекулярные «челноки». Способы переключения. Супрамолекулярные машины на поверхности раздела. Сборка и функционирование. Переключение.

Биомиметика

Характеристики ферментов. Определение и структура. Механизм ферментативного катализа.

Циклодекстрины как имитаторы ферментов. Моделирование ферментов с использованием циклодекстринов как хозяев.

Металлобиоцентры. Модели гемоцианина. Цинксодержащие ферменты.

Аналоги гема. Модели связывания и транспорта кислорода. Модели цитохромов.

Сборка нуклеотидов на планарных матрицах. Комплементарные и некомплементарные взаимодействия.

Супрамолекулярные системы на поверхности раздела

Порядок в жидкостях.

Поверхностно-активные вещества и упорядочение поверхности раздела. Анионные. Катионные. Амфотерные. Неионные.

Методы сборки ультратонких организованных пленок. Самоорганизованные монослои. Послойная электростатическая сборка: органические и гибридные пленки. Монослои Ленгмюра и пленки Легмюра-Блоджетт.

Методы изучения пленок и покрытий

Просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия. Зондовые методы (АСМ и СТМ). Рентгеноэлектронная спектроскопия. Спектроскопия поверхностного плазмонного резонанса. Оптическая спектроскопия.

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. Стив Дж.В., Этвуд Дж. Л. Супрамолекулярная химия. Пер. с англ.: в 2 т. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. Т.1 – 480 с, Т.2 – 416 с.
3. Ciferri Alberto. Supramolecular Polymers, 2nd Edition. CRC. 2005, 776 pages.
4. Ariga Katsuhiko, Kunitake Toyoki. Supramolecular Chemistry - Fundamentals and Applications, Springer, 2006. 208 pages.
5. Cragg Peter J. Supramolecular Chemistry: From Biological Inspiration to Biomedical - Springer, 2010. 260 pages.
6. Schalley Christoph A. Analytical Methods in Supramolecular Chemistry. Wiley-VCH. 2007. 502 pages.
7. Gutsche C. David. Calixarenes: An Introduction (2nd Edition). RSC Publ. 2008. 276 pages.
8. Kato Takashi. Liquid Crystalline Functional Assemblies and Their Supramolecular Structures. Springer. 2008. 237 pages:

б) дополнительная литература:

1. Лен Ж.-М. «Супрамолекулярная химия» - Новосибирск: «Наука», 1998. 334 с.
2. Catenanes, Rotaxanes and Knots, Sauvage J.-P., Dietrich-Buchecker C (Eds.), Wiley-VCH. 1999. 416 pages.
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. Schneider H.-J. and Yatsimirski A. Principles and Methods in Supramolecular Chemistry. Wiley 2000. 349 pages.
6. Bianchi, A., Bowman-James, K., Garcia-Espana, E. Supramolecular chemistry of anions Wiley. 1997, 480 pages.
7. Comprehensive Supramolecular Chemistry. Volumes 1–11. Edited by J. L. Atwood, J. E. D. Davies, D. D. MacNicol, F. Vögtle, and J.-M. Lehn. Pergamon; 1 edition 1996. 7660 pages.

8. Diederich, F. Cyclophanes (Monographs in Supramolecular Chemistry), Royal Soc. Chemistry. 1991, 328 pages.
9. Dodziuk Helena. Introduction to Supramolecular Chemistry. Kluwer Academic Publishers, 2002. 357 pages.
10. Cragg Peter J. A practical guide to supramolecular chemistry. John Wiley & Sons, 2005. 203 pages.
11. Frontiers in Supramolecular Organic Chemistry and Photochemistry, Schneider H.-J., Dürr H. (Eds.), VCH, Weinheim, 1991. XVI, 485 pages.
12. Fuhrhop, J.; Endisch, C. Molecular and Supramolecular Chemistry of Natural Products and Their Model Compounds. Marcel Dekker, New York, 2000, 606 pages
13. Gerbelevu N.V. Arion, V.B., Burgess J. Template Synthesis of Macrocyclic Compounds. Wiley-VCH. 1994. 576 pages.
14. Haiduc I., Edelmann F.T.; Supramolecular Organometallic Chemistry, Wiley-VCH.2000. 486 pages.
15. Kaifer, A.E.; Gomez-Kaifer, M. Supramolecular Electrochemistry, Wiley-VCH. 2000. 256 pages.
16. Luis Echegoyen, Angel E. Kaifer, Physical supramolecular chemistry. Kluwer Academic Publishers, 1996. 466 pages.
17. Lindoy L. F., Atkinson I.M. Self-Assembly in Supramolecular Systems (Monographs in Supramolecular Chemistry). Royal Society of Chemistry, 2000. 224 pages.

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