

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талорский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Супрамолекулярная химия Б1.В.ДВ.9

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Органическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Стойков И.И.

**Рецензент(ы):**

Антипин И.С.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Антипин И. С.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 769917

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Стойков И.И. Кафедра органической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Ivan.Stoikov@mail.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Супрамолекулярная химия" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с решением задач, стоящих перед современной цивилизацией при проведении исследований в области органической и физической химии, молекулярной биологии, биохимии, биотехнологии, а также смежных областях, включая фармацевтику и нанотехнологии. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных концепциях теоретической супрамолекулярной химии, о принципах конструирования и функционирования синтетических рецепторов, супермолекул и супрамолекулярных систем, о современных методах синтеза органических соединений, основных путях практического использования супрамолекулярных систем в нанотехнологиях. Кроме того, при освоении дисциплины студенты получают обзорные знания о перспективах развития супрамолекулярной химии в таких областях, как материаловедение, тонкий органический синтез и наноструктурированные материалы.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.9 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина 'Супрамолекулярная химия' относится к вариативной части блока дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по направлению 'Химия' по профилю 'Органическая химия' (курс по выбору студентов). Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов базовой части цикла БЗ 'Неорганическая химия' (ионные равновесия в растворе, окислительно-восстановительные реакции) и 'Органическая химия' (классификация органических соединений), 'Основы нанохимии и нанотехнологии' (влияние размерности объектов на химические свойства). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин 'Химия каликсаренов' и 'Электронная и пространственная структура органических соединений', других курсов по выбору вариативной части профиля 'Органическая химия'.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания
ПСК-1	способностью использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия в профессиональной деятельности в соответствии с выбранной специализацией

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

предмет супрамолекулярной химии;

о супермолекуле, супрамолекулярных ассоциатах, молекулярном распознавании; современные концепции теоретической супрамолекулярной химии, в том числе концепции молекулярного распознавания, самопроцессов, процессов адаптации и эволюции супрамолекулярных систем;

принципы конструирования синтетических рецепторов ("хозяев", супрамолекулярных рецепторов, переносчиков, катализаторов);

классификацию синтетических рецепторов (поданды, коронанды, криптанды, гемисферанды, циклофаны, халофаны и т.д.);

2. должен уметь:

обсуждать физико-химические и биохимические аспекты применения синтетических рецепторов ("хозяев", супрамолекулярных рецепторов, переносчиков, катализаторов);

ориентироваться в современной литературе и вести дискуссию по супрамолекулярной химии; самостоятельно ставить задачи по созданию или практическому применению синтетических рецепторов для решения конкретных задач супрамолекулярной химии;

3. должен владеть:

навыками планирования исследований по разработке определенного типа синтетических рецепторов ("хозяев", супрамолекулярных рецепторов, переносчиков, катализаторов) в соответствии с требуемыми характеристиками разрабатываемых супрамолекулярных систем.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. От молекулярной к супрамолекулярной химии.	8	1	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Молекулярное распознавание - распознавание, информация и комплементарность.	8	2	2	0	0	
3.	Тема 3. Краун-эфиры и круговое распознавание.	8	3	2	0	0	
4.	Тема 4. Тетраэдрическое распознавание и криптанды.	8	4	2	0	0	
5.	Тема 5. Сферическое распознавание и гемисферанды, сферанды.	8	5	2	0	0	
6.	Тема 6. Анионкоординационная химия и распознавание анионных субстратов.	8	6	2	0	0	
7.	Тема 7. Молекулярные сорцепторы и сложное распознавание. Линейное распознавание молекулы дипольными сорцепторами.	8	7	2	0	0	
8.	Тема 8. Гетеротопные сорцепторы. Сложное распознавание в металлорецепторах. Супрамолекулярная динамика.	8	8	2	0	0	
9.	Тема 9. Супрамолекулярное взаимодействие и катализ. Супрамолекулярный металлокатализ.	8	9	2	0	0	Контрольная работа
10.	Тема 10. Транспортные процессы и конструирование молекул-переносчиков.	8	10	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
11.	Тема 11. Сопряженные процессы переноса в супрамолекулярных системах.	8	11	2	0	0	
12.	Тема 12. Молекулярная самосборка - программирование супрамолекулярных систем.	8	12	2	0	0	
13.	Тема 13. Геликаты - искусственные двойные, тройные спиральные самоорганизующиеся системы.	8	13	2	0	0	
14.	Тема 14. Многокомпонентная самосборка. Супрамолекулярная организация ионов металлов. "Решетки", "лестницы", "сетки".	8	14	2	0	0	
15.	Тема 15. Самосборка органических супрамолекулярных структур. Физико-химические методы исследования. Самораспознавание.	8	15	2	0	0	
16.	Тема 16. Супрамолекулярные взаимодействия, превращения, репликация. Саморепликация. Супрамолекулярная хиральность и самосборка.	8	16	4	0	0	
17.	Тема 17. Молекулярные переключатели. Супрамолекулярные материалы. Нанохимия.	8	17	4	0	0	Контрольная работа
18.	Тема 18. Дендримеры - классификация, структура, методы получения.	8	17	4	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			42	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение. От молекулярной к супрамолекулярной химии.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Введение. От молекулярной к супрамолекулярной химии. Химия и биология, творчество и искусство. Сравнение химии и биологии по отношению к двум параметрам: сложности и разнообразию систем. Предмет супрамолекулярной химии. Молекулярная химия. Связь супрамолекулярной химии с молекулярной химией. Супрамолекулы и надмолекулярные системы. Рецептор, субстрат, хозяин, гость, лиганд. Основные свойства супрамолекулы: молекулярное распознавание, превращение и перенос.

### Тема 2. Молекулярное распознавание - распознавание, информация и комплементарность.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Молекулярное распознавание. Распознавание, информация и комплементарность. Молекулярное распознавание и селективность взаимодействия. Два уровня соответствия субстрата рецептору: геометрия и электронное строение частиц. Принцип двойной комплементарности. Нековалентные межмолекулярные взаимодействия. Хранение и считывание информации на супрамолекулярном уровне.

### Тема 3. Краун-эфир и круговое распознавание.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Краун-эфир и круговое распознавание. Химия комплексов гость-хозяин. Работы Нобелевских лауреатов 1987 года Ч.Педерсона, Д.Крама и Ж.-М.Лена.

### Тема 4. Тетраэдрическое распознавание и криптанды.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Тетраэдрическое распознавание и криптанды. Биологические и биомиметические процессы и системы. Самоорганизация и молекулярное распознавание.

### Тема 5. Сферическое распознавание и гемисферанды, сферанды.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Сферическое распознавание и гемисферанды, сферанды. Распознавание катионов металлов и ионов аммония, родственных субстратов. Биологические и биомиметические процессы и системы.

### Тема 6. Анионкоординационная химия и распознавание анионных субстратов.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Анионкоординационная химия и распознавание анионных субстратов. Биологические системы. Разнообразие анионных субстратов. Простейшие модели синтетических рецепторов на анионы.

### Тема 7. Молекулярные сорцепторы и сложное распознавание. Линейное распознавание молекулы дипольными сорцепторами.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Молекулярные сорцепторы и сложное распознавание. Линейное распознавание молекулы дипольными сорцепторами.

### Тема 8. Гетеротопные сорцепторы. Сложное распознавание в металлорецепторах. Супрамолекулярная динамика.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Гетеротопные сорцепторы. Спелеанды, двойственные рецепторы. Сложное распознавание в металлорецепторах. Супрамолекулярная динамика

**Тема 9. Супрамолекулярное взаимодействие и катализ. Супрамолекулярный металлокатализ.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Супрамолекулярный катализ. Супрамолекулярное взаимодействие и катализ. Катализ активными рецепторами катионов. Взаимодействие молекул-рецепторов с анионами. Катализ рецепторами типа циклофанов. Супрамолекулярный металлокатализ. Сокатализ: катализ синтетических реакций. Биомолекулярный и супрамолекулярный катализ.

**Тема 10. Транспортные процессы и конструирование молекул-переносчиков.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Транспортные процессы и конструирование молекул-переносчиков. Процессы переноса. Молекулы-переносчики и трансмембранные каналы. Транспорт молекулами-переносчиками. Катионные транспортные процессы - переносчики катионов. Анионные транспортные процессы - переносчики анионов. Процессы сопряженного переноса.

**Тема 11. Сопряженные процессы переноса в супрамолекулярных системах.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Сопряженные процессы переноса в супрамолекулярных системах. Сопряженный перенос электронов при окислительно-восстановительном градиенте. Сопряженный перенос протонов при рН-градиенте. Процессы фотосопряженного переноса. Перенос через трансмембранные каналы.

**Тема 12. Молекулярная самосборка - программирование супрамолекулярных систем.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Молекулярная самосборка - программирование супрамолекулярных систем. Самогруппирование и множественное взаимосвязывание. Самоорганизация. Программирование супрамолекулярных систем. Положительная кооперативность молекулярной самосборки. Самосборка неорганической архитектуры. Бипиридиновые лиганды.

**Тема 13. Геликаты - искусственные двойные, тройные спиральные самоорганизующиеся системы.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Геликаты - искусственные двойные, тройные спиральные самоорганизующиеся системы. Синтетические аналоги ДНК. Процессы самораспознавание и самосборки.

**Тема 14. Многокомпонентная самосборка. Супрамолекулярная организация ионов металлов. "Решетки", "лестницы", "сетки".**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Многокомпонентная самосборка. Супрамолекулярная организация ионов металлов. Решетки, лестницы, сетки.

**Тема 15. Самосборка органических супрамолекулярных структур. Физико-химические методы исследования. Самораспознавание.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Самосборка органических супрамолекулярных структур. Самосборка с помощью водородного связывания. Молекулы Януса. Молекулярное распознавание - управление структурой органической фазы. Изменения фазового состояния при самоорганизации систем. Физико-химические методы исследования. Самораспознавание.

**Тема 16. Супрамолекулярные взаимодействия, превращения, репликация.**

**Саморепликация. Супрамолекулярная хиральность и самосборка.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Супрамолекулярные взаимодействия, превращения, репликация. Саморепликация. Супрамолекулярная хиральность и самосборка. Молекулярные ансамбли, изменяющие структуру под внешним воздействием.



## **Тема 17. Молекулярные переключатели. Супрамолекулярные материалы. Нанохимия.**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Молекулярные переключатели. Супрамолекулярные материалы. Нанохимия.  
Супрамолекулярные наноустройства.

## **Тема 18. Дендримеры - классификация, структура, методы получения.**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Дендримеры. Классификация: дендримеры, арборолы и силванолы. Структура дендримеров. Методы получения. Нелинейная полимеризация. Дивергентный синтез. Конвергентный синтез. Функционализация дендримеров. Аналитическая техника изучения дендримеров. Применение и перспективы химии дендримеров.

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
9.	Тема 9. Супрамолекулярное взаимодействие и катализ. Супрамолекулярный металлокатализ.	8	9	подготовка к контрольной работе	15	контрольная работа
17.	Тема 17. Молекулярные переключатели. Супрамолекулярные материалы. Нанохимия.	8	17	подготовка к контрольной работе	15	контрольная работа
	Итого				30	

### **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

- компьютерные презентации лекций;
- интерактивный опрос по разделам 1-11
- интерактивный опрос по разделам 12-15;
- компьютерная симуляция функционирования синтетического рецептора (Раздел 2 "Молекулярное распознавание - распознавание, информация и комплементарность");
- круглый стол (case study) по разделу 12 "Молекулярная самосборка - программирование супрамолекулярных систем";
- круглый стол (case study) по разделу 16 "Супрамолекулярные взаимодействия, превращения, репликация. Саморепликация. Супрамолекулярная хиральность и самосборка"

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Введение. От молекулярной к супрамолекулярной химии.**

**Тема 2. Молекулярное распознавание - распознавание, информация и комплементарность.**

**Тема 3. Краун-эфиры и круговое распознавание.**

**Тема 4. Тетраэдрическое распознавание и криптанды.**

**Тема 5. Сферическое распознавание и гемисферанды, сферанды.**

**Тема 6. Анионкоординационная химия и распознавание анионных субстратов.**

**Тема 7. Молекулярные сорцепторы и сложное распознавание. Линейное распознавание молекулы дипольными сорцепторами.**

**Тема 8. Гетеротопные сорцепторы. Сложное распознавание в металлорецепторах. Супрамолекулярная динамика.**

**Тема 9. Супрамолекулярное взаимодействие и катализ. Супрамолекулярный металлокатализ.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Молекулярное распознавание - распознавание, информация и комплементарность.

Краун-эфиры и круговое распознавание. Тетраэдрическое распознавание и криптанды.

Сферическое распознавание и гемисферанды, сферанды. Анионкоординационная химия и распознавание анионных субстратов. Молекулярные сорцепторы и сложное распознавание.

Линейное распознавание молекулы дипольными сорцепторами. Гетеротопные сорцепторы.

Сложное распознавание в металлорецепторах. Супрамолекулярная динамика.

**Тема 10. Транспортные процессы и конструирование молекул-переносчиков.**

**Тема 11. Сопряженные процессы переноса в супрамолекулярных системах.**

**Тема 12. Молекулярная самосборка - программирование супрамолекулярных систем.**

**Тема 13. Геликаты - искусственные двойные, тройные спиральные самоорганизующиеся системы.**

**Тема 14. Многокомпонентная самосборка. Супрамолекулярная организация ионов металлов. "Решетки", "лестницы", "сетки".**

**Тема 15. Самосборка органических супрамолекулярных структур. Физико-химические методы исследования. Самораспознавание.**

**Тема 16. Супрамолекулярные взаимодействия, превращения, репликация.**

**Саморепликация. Супрамолекулярная хиральность и самосборка.**

**Тема 17. Молекулярные переключатели. Супрамолекулярные материалы. Нанохимия.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Транспортные процессы и конструирование молекул-переносчиков. Сопряженные процессы переноса в супрамолекулярных системах. Молекулярная самосборка - программирование супрамолекулярных систем.

Геликаты - искусственные двойные, тройные спиральные самоорганизующиеся системы.

Многокомпонентная самосборка. Супрамолекулярная организация ионов металлов.

"Решетки", "лестницы", "сетки". Самосборка органических супрамолекулярных структур.

Физико-химические методы исследования. Самораспознавание.

Супрамолекулярные взаимодействия, превращения, репликация. Саморепликация.

Супрамолекулярная хиральность и самосборка.

**Тема 18. Дендримеры - классификация, структура, методы получения.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету

1. Объясните термин "супермолекула".

2. Понятие "супрамолекулярной химии".

3. Объясните термин супрамолекулярный ансамбль.

4. За счет каких взаимодействий образуются супрамолекулярные частицы?

5. Какие названия носят составные части супрамолекулярных ассоциатов?

6. Что такое топичность рецептора?

7. Чему равен порядок цикличности?

8. Какой может быть размерность структуры супермолекулы?

9. Дайте определение понятию "хозяин", предложенному Д.Крамом.

10. Чем определяется селективность и эффективность связывания субстрата рецептором?

11. Что такое политопный сорцептор?
12. Перечислите известные вам самопроцессы.
13. Дайте определение понятиям аллостерия, кооперативность и саморепликация.
14. В чем заключается концепция координации?
15. Поясните принцип "ключ ? замок".
16. Чем молекулярное распознавание отличается от простого связывания?
17. Чем определяется выбор субстрата при молекулярном распознавании?
18. Какие параметры применяют для характеристики центров связывания?
19. Чем характеризуется оболочка лиганда?
20. В чем заключается принцип двойной комплементарности?
21. Соблюдение каких условий необходимо для распознавания рецептором субстрата?
22. Что включает в себя понятие "молекулярной информации"?
23. Что представляют собой молекулярные рецепторы?
24. В чем заключается дизайн молекулярных рецепторов?
25. Что такое эндорецептор?
26. Что означает понятие "конформационная жесткость рецептора"?
27. В чем отличие конформационно жестких рецепторов от конформационно гибких?
28. В чем заключается дизайн рецепторов макрополициклического типа?
29. В чем заключается принцип предорганизации?
30. Что такое макроциклический и криптатный эффекты?
31. Чем отличается монотопный рецептор от политопного?
32. Перечислите возможные макрополициклические структуры рецепторов.
33. Перечислите основные классы рецепторов, способных к распознаванию сферических субстратов.
34. Для распознавания каких субстратов применяют краун-эфиры?
35. От чего зависят селективность комплексообразования и устойчивость комплексов, образуемых краун-эфирами?
36. Какие краун-эфиры называют лариатными?
37. Как называются комплексы криптантов?
38. В чем заключается криптатный эффект?
39. От чего зависит селективность связывания катионов металлов криптандами?
40. В каких случаях наблюдается платообразная селективность связывания катионов металлов краун-эфирами?
41. В чем заключается электронная комплементарность при связывании катионов металлов криптандами?
42. В каких случаях образуются эндо-/экзоизомеры?
43. Какие макроциклы подходят для связывания переходных металлов?
44. Перечислите основные следствия образования комплексов рецепторов с катионами металлов.
45. Что представляют собой алкилиды и электриды?
46. Опишите строение частицы, называемой криптацем.
47. Как образование криптата влияет на химические свойства входящего в его состав иона?
48. Перечислите рецепторы с тетраэдрической полостью. Приведите примеры связываемых ионов.
49. В чем заключается эффект "положительной кооперативности"?
50. Объясните понятие "молекулярный хамелеон".
51. Приведите примеры рецепторов, связывающих первичные аммонийные катионы. За счет каких взаимодействий осуществляется связывание?

52. Какие рецепторы используются для связывания аммиакатов металлов?
53. Какими свойствами обладают супрамолекулярные частицы с координацией во второй сфере?
54. Что такое кавитанд?
55. Что представляет собой катион имидазолия?
56. За счет каких взаимодействий происходит связывание и распознавание незаряженных молекул?
57. На какие группы подразделяются нейтральные субстраты?
58. Какие рецепторы связывают тиомочевину?
59. За счет каких взаимодействий рецепторы связывают нейтральные субстраты, содержащие C-H связи?
60. За счет каких взаимодействий рецепторы связывают нейтральные субстраты, содержащие N-H, O-H или D-H группы (где D - атом, донор НЭП)?
61. Какими отличительными особенностями обладают анионные субстраты по сравнению с соответствующими катионными субстратами?
62. Какую форму могут иметь анионные субстраты?
63. За счет каких взаимодействий происходит связывание анионных субстратов?
64. Наличие каких групп в рецепторе необходимо для связывания анионов?
65. Какие соединения применяются для связывания анионных субстратов?
66. Какими факторами определяется стабильность комплексов и селективность связывания анионных субстратов?
67. Какие рецепторы способны к сферическому связыванию анионных субстратов?
68. Какие рецепторы способны к сферическому распознаванию анионных субстратов?
69. Как зависит селективность образования и устойчивость анионных комплексов с участием полиаммонийных рецепторов от порядка цикличности?
70. Чем определяется стабильность и селективность образования комплексов?
71. Какие группы субстрата называют "якорными функциями"?
72. В каких случаях образуются комплексы второй координационной сферы, или суперкомплексы?
73. В чем заключается процесс каскадного комплексообразования анионов?

### 7.1. Основная литература:

1. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. - М.: Физматлит, 2009. - 456 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2291](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2291)
2. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс]. - М.: Машиностроение, 2012. - 656 с.  
Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Киселев Ю.М. Химия координационных соединений: Учеб. пособие для студ. высш. проф. учеб. заведений / Ю.М. Киселев, Н.А. Добрынина, - М.: Издательский центр 'Академия', 2007. - 352 с.
2. Стойков И.И. Молекулярное распознавание органических соединений. Часть 1. Казань: Казанский госуниверситет, 2009. - 97с.
3. Стойков И.И., Евтюгин Г.А. Основы нанотехнологии и нанохимии: учебное пособие. Казань: Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета. - 2010. - 237 с.
4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. ?Издание 2-е, исправленное. ?Москва: Физматлит, 2009. ?416 с.: <http://e.lanbook.com/view/book/2173/page2/>



Автор(ы):

Стойков И.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Антипин И.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.