

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**  
Химия каликсаренов Б1.В.ДВ.6

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):**

Евтюгин Г.А.

**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 7102117

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 "Химия каликсаренов" является подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности для решения задач раздела химии макроциклических соединений - химии метациклофанов. В результате освоения данной дисциплины должны быть сформированы представления о современных методах синтеза каликсаренов. Кроме того, при освоении дисциплины студенты получают обзорные знания о перспективах развития химии макроциклических соединений 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.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Химия каликсаренов" относится к вариативной части учебного цикла СЗ. "Профессиональные (специальные) дисциплины" профиля "Органическая химия" (курсы по выбору студентов). Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих профессиональных курсов базовой части цикла СЗ "Неорганическая химия" (ионные равновесия в растворе, окислительно-восстановительные реакции) и "Органическая химия" (классификация органических соединений). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплины "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 химии каликсаренов;  
основные типы циклофанов;

методы синтеза каликсаренов;  
материалы и устройства, разрабатываемые на основе каликсаренов.

2. должен уметь:

прогнозировать устойчивость и физико-химические свойства каликсаренов;  
ориентироваться в современной литературе и вести дискуссию по химии каликсаренов;  
ориентироваться в методах получения и исследования структур каликсаренов;

3. должен владеть:

навыками компьютерного изображения сложных органических структур.

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 7 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. Номенклатура, синтез и идентификация каликсаренов.	7	1	0	2	0	
2.	Тема 2. Реакции конденсации.	7	2	0	2	0	
3.	Тема 3. Конденсация резорцинолов с альдегидами при кислотном катализе.	7	3	0	2	0	
4.	Тема 4. Конденсация гетероциклических соединений с альдегидами.	7	4	0	2	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	
5.	Тема 5. Физические свойства каликсаренов.	7	5	0	2	0	
6.	Тема 6. Будущее химии каликсаренов: проблемы и перспективы.	7	6	0	2	0	
7.	Тема 7. Спектральные характеристики каликсаренов..	7	7	0	2	0	
8.	Тема 8. Конформация каликсаренов.	7	8	0	2	0	
9.	Тема 9. Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла.	7	9	0	2	0	Контрольная работа
10.	Тема 10. О-алкилирование, О-ацилирование.	7	10	0	2	0	
11.	Тема 11. Функционализация верхнего обода каликсаренового цикла.	7	11	0	2	0	
12.	Тема 12. Ипсо-замещение п-трет-бутилкаликс[4]арена.	7	12	0	2	0	
13.	Тема 13. Электрофильное замещение свободного п-положения каликс[4]арена.	7	13	0	2	0	
14.	Тема 14. Тиакаликс[4]арены.	7	14	0	2	0	
15.	Тема 15. Тетразамещенные производные тиакаликс[4]арена.	7	15	0	2	0	
16.	Тема 16. Частично функционализированные по нижнему ободу и смешанные тиакаликс[4]арены.	7	16	0	4	0	
17.	Тема 17. Гетеро-функционализированные тиакаликс[4]арены.	7	17	0	4	0	Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
18.	Тема 18. Бискаликсарены.	7	17	0	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			0	42	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Номенклатура, синтез и идентификация каликсаренов.

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

Номенклатура, синтез и идентификация каликсаренов

##### Тема 2. Реакции конденсации.

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

Арен-альдегидная конденсация. Конденсация п-замещенных фенолов и формальдегида при основном катализе.

##### Тема 3. Конденсация резорцинолов с альдегидами при кислотном катализе.

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

Конденсация резорцинолов с альдегидами при кислотном катализе. Конденсация алкилбензолов с формальдегидом при кислотном катализе

##### Тема 4. Конденсация гетероциклических соединений с альдегидами.

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

Конденсация гетероциклических соединений с альдегидами при кислотном катализе. Прочие конденсации с участием формальдегида.

##### Тема 5. Физические свойства каликсаренов.

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

Форма каликсаренов. Температура плавления каликсаренов. Растворимость каликсаренов.

##### Тема 6. Будущее химии каликсаренов: проблемы и перспективы.

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

Будущее химии каликсаренов: проблемы и перспективы.

##### Тема 7. Спектральные характеристики каликсаренов..

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

ИК-, ЯМР- и масс-спектры каликсаренов.

##### Тема 8. Конформация каликсаренов.

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

Конформационно подвижные и конформационно жесткие каликсарены. Гетерокаликсарены.

##### Тема 9. Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла.

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

Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла.

##### Тема 10. О-алкилирование, О-ацилирование.

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

О-алкилирование, О-ацилирование. Моно-, ди-, три- и тетраэтерификация каликс[4]арена. 1,3- и 1,2-бифункционализация каликс[4]арена.

##### Тема 11. Функционализация верхнего обода каликсаренового цикла.

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

Функционализация верхнего обода каликсаренового цикла.

## **Тема 12. Ипсо-замещение п-трет-бутилкаликс[4]арена.**

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

Ипсо-замещение п-трет-бутилкаликс[4]арена.

## **Тема 13. Электрофильное замещение свободного п-положения каликс[4]арена.**

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

Электрофильное замещение свободного п-положения каликс[4]арена. Галогенирование. Нитрование. Простые и сложные эфиры каликсаренов.

## **Тема 14. Тиакаликс[4]арены.**

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

Синтез, строение и химическая модификация тиакаликс[4]арена.

## **Тема 15. Тетразамещенные производные тиакаликс[4]арена.**

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

Тетразамещенные производные тиакаликс[4]арена. Модификация галоидными алкилами и функционализированными алкилирующими агентами.

## **Тема 16. Частично функционализированные по нижнему ободу и смешанные тиакаликс[4]арены.**

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

Частично функционализированные по нижнему ободу и смешанные тиакаликс[4]арены.

## **Тема 17. Гетеро-функционализированные тиакаликс[4]арены.**

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

Гетеро-функционализированные тиакаликс[4]арены.

## **Тема 18. Бискаликсарены.**

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

Бискаликсарены. Линейные олигомеры. Циклические олигомеры. Каликс-дендримеры.

### **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. Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла.	7	9	подготовка к контрольной работе	15	контрольная работа
17.	Тема 17. Гетеро-функционализированные тиакаликс[4]арены.	17	17	подготовка к контрольной работе	15	контрольная работа
	Итого				30	

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

Компьютерные презентации лекций.

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

#### **Тема 1. Номенклатура, синтез и идентификация каликсаренов.**

#### **Тема 2. Реакции конденсации.**

**Тема 3. Конденсация резорцинолов с альдегидами при кислотном катализе.**

**Тема 4. Конденсация гетероциклических соединений с альдегидами.**

**Тема 5. Физические свойства каликсаренов.**

**Тема 6. Будущее химии каликсаренов: проблемы и перспективы.**

**Тема 7. Спектральные характеристики каликсаренов..**

**Тема 8. Конформация каликсаренов.**

**Тема 9. Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Номенклатура, синтез и идентификация каликсаренов. Реакции конденсации. Конденсация резорцинолов с альдегидами при кислотном катализе. Конденсация гетероциклических соединений с альдегидами. Физические свойства каликсаренов. Будущее химии каликсаренов: проблемы и перспективы. Спектральные характеристики каликсаренов. Конформация каликсаренов. Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла.

**Тема 10. О-алкилирование, О-ацилирование.**

**Тема 11. Функционализация верхнего обода каликсаренового цикла.**

**Тема 12. Ипсо-замещение п-трет-бутилкаликс[4]арена.**

**Тема 13. Электрофильное замещение свободного п-положения каликс[4]арена.**

**Тема 14. Тиакаликс[4]арены.**

**Тема 15. Тетразамещенные производные тиакаликс[4]арена.**

**Тема 16. Частично функционализированные по нижнему ободу и смешанные тиакаликс[4]арены.**

**Тема 17. Гетеро-функционализированные тиакаликс[4]арены.**

контрольная работа , примерные вопросы:

О-алкилирование, О-ацилирование. Функционализация верхнего обода каликсаренового цикла. Ипсо-замещение п-трет-бутилкаликс[4]арена. Электрофильное замещение свободного п-положения каликс[4]арена. Тиакаликс[4]арены. Тетразамещенные производные тиакаликс[4]арена. Частично функционализированные по нижнему ободу и смешанные тиакаликс[4]арены. Гетеро-функционализированные тиакаликс[4]арены.

**Тема 18. Бискаликсарены.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

1. Арен-альдегидная конденсация. Конденсация п-замещенных фенолов и формальдегида при основном катализе.
2. Конденсация резорцинолов с альдегидами при кислотном катализе. Конденсация алкилбензолов с формальдегидом при кислотном катализе.
3. Конденсации гетероциклических соединений с альдегидами при кислотном катализе. Прочие конденсации с участием формальдегида.
4. Синтез Хейса-Хантера-Каммерера. Синтез Бемера-Чхима-Каммерера. Синтез Мошфеха, Хакимелахи и др. Синтез Ноу и Гютше. Оксакаликсарены.
5. Форма каликсаренов. Температура плавления каликсаренов. Растворимость каликсаренов. ИК-спектры каликсаренов.
6. ЯМР-спектры каликсаренов. Масс-спектры каликсаренов. Конформационно подвижные каликсарены. Конформационно жесткие каликсарены. Гетерокаликсарены.
7. Функционализация нижнего обода каликсаренового цикла. О-алкилирование, О-ацилирование.
- 8.Mono-, ди-, три- и тетраэтерефикация каликс[4]арена. 1,3- и 1,2-бифункционализация каликс[4]арена.
9. Функционализация верхнего обода каликсаренового цикла. Ипсо-замещение п-трет-бутилкаликс[4]арена. Электрофильное замещение свободного п-положения каликс[4]арена.

10. Галогенирование каликсаренового цикла. Нитрование каликсаренового цикла. Простые и сложные эфиры каликсаренов.

### 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. - 97 с.

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/>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Каликсарены - [ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki)

Каликсарены. Методы синтеза - <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/oil/spezprakt-kalik.html>

Нанохимия - [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)

Самоорганизация - [ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki)

Супрамолекулярная химия - [ru.wikipedia.org/wiki](http://ru.wikipedia.org/wiki)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Химия каликсаренов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный проектор.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Органическая химия .

Автор(ы):

Стойков И.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Евтюгин Г.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.