

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. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Химия элементоорганических соединений СЗ.Б.12.5

Специальность: 020201.65 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Аналитическая химия

Квалификация выпускника:

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Черкасов Р.А.

**Рецензент(ы):**

Галкин В.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой:

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

Казань  
2013

## 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) Черкасов Р.А. Кафедра высокомолекулярных и элементоорганических соединений Химический институт им. А.М. Бутлерова, [Rafael.cherkasov@kpfu.ru](mailto:Rafael.cherkasov@kpfu.ru)

### 1. Цели освоения дисциплины

Ознакомление с новейшими достижениями бурно развивающегося раздела современной химической науки - химии органических производных основных элементов Периодической системы. Анализ вызовов и рисков, связанных с развитием методов синтеза, исследования и применения новых элементоорганических соединений (ЭОС). Роль ЭОС в промышленности, военной технике и в быту и связанная с ней проблема безопасности.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "СЗ.Б.12 Профессиональный" основной образовательной программы 020201.65 Фундаментальная и прикладная химия и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 5 курсе, 9 семестр.

Преподавание дисциплины осуществляется на завершающем этапе обучения. К данному моменту студентами получены знания по курсам "Органическая химия", "Физическая химия", "Строение вещества".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, имеет навыки работы с компьютером, как средством управления информацией (ОК-10);
ОК-14 (общекультурные компетенции)	способен определять и анализировать проблемы, планировать стратегию их решения(ОК-14);
ОК-6 (общекультурные компетенции)	умеет логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, владеет развитой письменной и устной коммуникацией, включая иноязычную культуру (ОК-6);
ОК-7 (общекультурные компетенции)	владеет одним из иностранных языков (преимущественно английским) на уровне чтения научной литературы и навыков разговорной речи (ОК-7);
ОК-8 (общекультурные компетенции)	умеет работать с компьютером на уровне пользователя и способен применять навыки работы с компьютерами как в социальной сфере, так и в области познавательной и профессиональной деятельности (ОК-8);
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способен понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ОК-9);

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-16 (профессиональные компетенции)	понимает необходимость безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способен проводить оценку возможных рисков (ПК-16);
ПК-23 (профессиональные компетенции)	владеет базовыми понятиями экологической химии, способен оценить экологические риски производств и применять принципы зеленой химии при разработке химических реакций и технологических производств (ПК-23);
ПК-7 (профессиональные компетенции)	понимает необходимость и способен приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владеет ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций (ПК-7);

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Специфику элементоорганических молекул и обладать теоретическими знаниями об особенностях химических связей и строении элементоорганических соединений, сходстве и различии этих веществ с органическими и неорганическими аналогами.

2. должен уметь:

Анализировать зависимость их свойств от положения элемента в Периодической системе, устанавливать основные факторы строения, определяющие реакционную способность элементоорганических молекул,

использовать критерии истинности механизмов их реакций

3. должен владеть:

Приемами установления зависимости реакционной способности молекул от их структуры. Основными понятиями о методах синтеза и функционализации органических производных элементов. Методами установления строения молекул на основе данных спектральных исследований.

Анализировать природу связей в элементоорганических молекулах и обусловленную этим специфику их химических реакций. Обсуждать характер внутри- и межмолекулярных взаимодействий и их влияние на взаимосвязь "структура-реакционная способность-свойство". Устанавливать механизм реакций на основе кинетических и термодинамических параметров. Воспринимать суть новых концепций и воззрений в современной фундаментальной и прикладной элементоорганической химии

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

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 9 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. Специфика элементоорганических молекул и их реакций.	9	1	1	3	0	
2.	Тема 2. Химические связи в органических и элементоорганических соединениях.	9	2	1	3	0	
3.	Тема 3. Структура элементоорганических молекул и их реакционная способность.	9	3	1	4	0	устный опрос
4.	Тема 4. Общий анализ электронной и пространственной структуры органических производных элементов как функции положения элемента в Периодической системе.	9	4	0	4	0	
5.	Тема 5. Представления о взаимосвязи между строением и реакционной способностью ЭОС.	9	5	1	4	0	контрольная работа
6.	Тема 6. Органические производные элементов I и II групп.	9	6	1	3	0	
7.	Тема 7. Органические производные элементов III группы.	9	7	1	3	0	
8.	Тема 8. Органические производные элементов IV группы.	9	8	1	3	0	тестирование
9.	Тема 9. Фосфорорганические соединения.	9	9	1	4	0	реферат

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
10.	Тема 10. Органические производные переходных металлов.	9	10	0	3	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	9		0	0	0	зачет
	Итого			8	34	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Специфика элементоорганических молекул и их реакций.

###### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Специфика элементоорганических молекул и их реакций. Область элементоорганической химии и ее место в ряду других химических дисциплин Специфические типы связей и структур как вероятная основа саморазвития материального мира: позитивные и негативные последствия.

###### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Сходство и различие в свойствах органических и элементоорганических молекул.

##### Тема 2. Химические связи в органических и элементоорганических соединениях.

###### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Химические связи в органических и элементоорганических соединениях. Характер связи углерод- элемент в зависимости от положения элемента в Периодической системе. Многоцентровые многоэлектронные связи.

###### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Правило 18 электронов

##### Тема 3. Структура элементоорганических молекул и их реакционная способность.

###### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Структура элементоорганических молекул и их реакционная способность. Пространственная и электронная структура ЭОС, их взаимообусловленность. Классификация органических производных непереходных и переходных металлов.

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

Типы лигандов в комплексах переходных металлов

##### Тема 4. Общий анализ электронной и пространственной структуры органических производных элементов как функции положения элемента в Периодической системе.

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

Общий анализ электронной и пространственной структуры органических производных элементов как функции положения элемента в Периодической системе. Теория отталкивания валентных электронных пар. Принцип изоlobalной аналогии.

##### Тема 5. Представления о взаимосвязи между строением и реакционной способностью ЭОС.

###### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Представления о взаимосвязи между строением и реакционной способностью ЭОС. Особенности реакционной способности ЭОС: концепция электроотрицательности, метастабильные и гипервалентные структуры.

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

Теория отталкивания валентных электронных пар

##### Тема 6. Органические производные элементов I и II групп.

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Методы синтеза, электронодефицитные структуры,. Свойства органических производных лития, натрия, магния и ртути. Реакции замещения, присоединения по гомо- и гетероатомным кратным связям. Цинкорганические соединения: синтез, использование в органическом синтезе.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Структура органических производных элементов I и II групп.

**Тема 7. Органические производные элементов III группы.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Структура гидридов и алкилпроизводных бора и алюминия, Электронодефицитность, ат-комплексы. Реакции, гидро- и карбоалюминирование. Соединения бора и алюминия в органическом синтезе.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Каталитические свойства производных алюминия. Стеререгулярная полимеризация на катализаторах Циглера-Натта. Реакция Судзуки.

**Тема 8. Органические производные элементов IV группы.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Общая характеристика, изменения характера связи и свойств молекул в группе. Кремнийорганические соединения: гидриды, алкильные производные, соединения со связью кремний - гетероатом. Проблема "кремниевой жизни". Силоксаны, металлосилоксаны. Соединения низшей и высшей координации.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Роль гипервалентных интермедиатов в реакциях присоединения элиминирования в химии кремнийорганических соединений. Реакция Симмонса-Смита.

**Тема 9. Фосфорорганические соединения.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Структурные и электронные характеристики основных типов ФОС. Фосфаалкины фосфаалкены. фосфины, фосфиты. Реакции Арбузова, Михаэлиса - Беккера, Пудовика, Абрамова, Кабачника - Филдса. Производные кислот фосфора и проблема химической безопасности. Токсичные соединения фосфора: пестициды, лекарственные препараты, ядохимикаты, рострегуляторы.

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

Химическое оружие, экологические проблемы, "хемофобия" и "хемоэлпидия".

**Тема 10. Органические производные переходных металлов.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Одноэлектронные лиганды, реакционная способность: сигма-комплексов. Олефиновые комплексы и их применение в промышленном органическом синтезе. Диеновые комплексы: Циклобутадие и проблема ароматичности. Циклопентадиенильные комплексы и ареновые комплексы: Промышленный металлокомплексный катализ: Реакции восстановления, хиральные катализаторы и стереоконтролируемые процессы и проблема безопасности.

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Структура элементоорганических молекул и их реакционная способность.	9	3	подготовка к устному опросу	9	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Представления о взаимосвязи между строением и реакционной способностью ЭОС.	9	5	подготовка к контрольной работе	9	контрольная работа
8.	Тема 8. Органические производные элементов IV группы.	9	8	подготовка к тестированию	6	тестирование
9.	Тема 9. Фосфорорганические соединения.	9	9	подготовка к реферату	6	реферат
	Итого				30	

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

Экспресс-опросы во время лекций, направленные на повышение активной работы студентов и обратной связи с аудиторией.

Разбор конкретных механизмов реакций ЭОС, обеспечивающих усвоение методологии установления связи "строение - реакционная способность - свойство"

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

**Тема 1. Специфика элементоорганических молекул и их реакций.**

**Тема 2. Химические связи в органических и элементоорганических соединениях.**

**Тема 3. Структура элементоорганических молекул и их реакционная способность.**

устный опрос , примерные вопросы:

1. Что такое элементоорганическое соединение
2. Особенности простой связи элемент-углерод
3. Концепция электроотрицательности
4. Сходство и различие структуры органических и элементоорганических молекул

**Тема 4. Общий анализ электронной и пространственной структуры органических производных элементов как функции положения элемента в Периодической системе.**

**Тема 5. Представления о взаимосвязи между строением и реакционной способностью ЭОС.**

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Полярность, длина и энергия связи углерод-элемент и их изменение в группе и периоде.
2. Прогнозирования типов реакций ЭОС в зависимости от характера связи углерод-элемент.
3. Элементаралкены и -алкины.
4. Гипервалентность и альтернативные модели связей в ЭОС.

**Тема 6. Органические производные элементов I и II групп.**

**Тема 7. Органические производные элементов III группы.**

**Тема 8. Органические производные элементов IV группы.**

тестирование , примерные вопросы:

1. Изменение характера связи элемент-углерод в IV группе.
2. Сходство и различия в механизмах реакций соединений углерода и кремния.
3. Кремнийорганические защитные группы.
4. Реакции прото- и галоидметаллирования.

**Тема 9. Фосфорорганические соединения.**



реферат , примерные темы:

1. История развития и области применения ФОС.
2. Соединения фосфора низкой координации.
3. Вклад ученых Казанской химической школы в химию фосфора.
4. Биоактивные соединения фосфора -пестициды, гербициды, лекарственные препараты, химическое оружие.
5. Соединения пяти- и шестикоординированного фосфора.

### **Тема 10. Органические производные переходных металлов.**

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

#### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТАМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ**

1. Область химии ЭОС, ее место в ряду других химических дисциплин. Открытие, применение, значение ЭОС.
2. Типы связей в органических и элементоорганических молекулах.
3. Многоцентровые связи в ЭОС. Правило 18 электронов. Дативное и донорно-акцепторное взаимодействие.
4. Проблема связи в ЭОС в свете различия в электроотрицательности элементов; зависимость от положения в группе и периоде.
5. Кратные связи углерод - элемент, элемент - элемент.
6. Особенности химических связей углерод - переходный металл.
7. Электронная и пространственная структура ЭОС как функция положения элемента в Периодической системе.
8. Природа связи металл - лиганд; классификация органических производных переходных металлов.
9. Общая характеристика строения и свойств активных металлоорганических соединений - производных элементов главных подгрупп I и II групп.
10. Природа связи фосфор - углерод. Общая характеристика органических производных фосфора.
11. Электроотрицательность элементов и ее проявление в элементоорганической химии.
12. Сходство и различие характера химической связи в органических и элементоорганических молекулах.
13. Принцип изолобальной аналогии и проблема простых и кратных связей в элементоорганической химии.
14. Характеристика простой связи углерод-элемент.
15. Современное состояние химии элементаалкенов и -алкинов.
16. Многоцентровые многоэлектронные связи концепция гипервалентности.
17. Активные металлоорганические соединения - общая характеристика.
18. Ртутьорганические соединения.
19. Цинкорганические соединения
20. Магнийорганические соединения
21. Органические производные бора.
22. Алюминийорганические соединения.
23. Общая характеристика производных элементов III группы. Электронодефицитные молекулы.
24. Общая характеристика производных элементов IV группы. Проблема "кремнийорганической жизни"
25. Кремнийорганические соединения.
26. Соединения одно- и двухкоординированного фосфора. Факторы стабильности и общая характеристика реакционной способности.
27. Общая характеристика производных трехкоординированного фосфора, сходство и различие с аналогичными соединениями азота. Бифильность.

28. Полные фосфиты. Реакция Арбузова. Работы ученых Казанской химической школы.
30. Общая характеристика производных четырехкоординированного фосфора.
31. Общая характеристика органических производных переходных металлов.
32.  $\sigma$ -Комплексы переходных металлов. Факторы стабильности, природа связи, химические свойства.
33. Олефин как лиганд в комплексах переходных металлов. Изменения в структуре и свойствах олефина в результате координации.
34. Металлокомплексный катализ и его применение в технологических процессах.

### 7.1. Основная литература:

1. Реутов, О.А. Органическая химия в 4-х частях. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности М.: "Химия" Т. 4 / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004.
2. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов. М.: БИНОМ. Лаб.знаний. 2008.
3. Жауэн Ж. Биометаллоорганическая химия. М.: БИНОМ. Лаб. Знаний. 2010
4. Эльшенбройх К. Металлоорганическая химия. М. Бином. Лаб. Знаний. 2011

### 7.2. Дополнительная литература:

Колмен Дж., Хигедас Л., Нортон Дж., Фимпе Р. Металлоорганическая химия переходных металлов. Основы и применение. М.: Мир. 1989

### 7.3. Интернет-ресурсы:

интернет-лекции по химии элементоорганических соединений -

<http://www.scs.uiuc.edu/white/index.php?p=lectures>

История становление химии фосфорорганических соединений -

[http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9607\\_039.pdf](http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9607_039.pdf)

каталог литературы по металлорганической химии -

<http://web.uvic.ca/~mcindoe/423/423syllabus.html>

Классификация фосфорорганических соединений - <http://www.reakor.ru/leos/base/eos09.html>

мировые новости в химии элементоорганических соединений -

[http://www.chemport.ru/chemnews.php?tag=elementorganic\\_chemistry](http://www.chemport.ru/chemnews.php?tag=elementorganic_chemistry)

Синтез и антиокислительные свойства фосфорорганических соединений -

[em.kstu.ru/butlerov\\_comm/vol1/cd-a1/data/jchem&cs/russian/pdf/no1/83-92](http://em.kstu.ru/butlerov_comm/vol1/cd-a1/data/jchem&cs/russian/pdf/no1/83-92)

Химия элементоорганических соединений - <http://www.chem.isu.ru/leos/base/eos01.html>

элементоорганическая химия: новости химической науки -

[http://www.chemport.ru/chemnews.php?tag=elementorganic\\_chemistry](http://www.chemport.ru/chemnews.php?tag=elementorganic_chemistry)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Освоение дисциплины "Химия элементоорганических соединений" 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 класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 020201.65 "Фундаментальная и прикладная химия" и специализации Аналитическая химия .

Автор(ы):

Черкасов Р.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Галкин В.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.