

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. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Теоретические основы органической и элементоорганической химии Б1.В.ОД.8

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Химия элементоорганических соединений

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Черкасов Р.А.

**Рецензент(ы):**

Гарифзянов А.Р.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Галкин В. И.

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 770817

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) 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

Приобретение знаний в области одной из новейших дисциплин химической науки и практики, сформированной в основном в 20 и 21 веках - теории строения и химических реакций органических и элементоорганических соединений. Положения и достижения этих дисциплин лежат в основе научно - технического прогресса последних десятилетий в области создания новых материалов и веществ с практически полезными свойствами, определивших в значительной степени лицо современной цивилизации. Понимание обучающимися основополагающих факторов создания веществ с заданной структурой и свойствами может быть получено лишь при изучении природы связи и структуры молекулы, взаимозависимости между строением, химическим поведением и свойствами конечного химического продукта. Это, в свою очередь, предполагает освоение методологии получения подобного рода знаний, умения анализировать внутренние и внешние факторы химической реакционной способности, определяющих конечный синтетический результат. Теоретическая вооруженность обучающиеся является основой сознательного планирования и управления химическим процессом, умением предвидеть результат как экспериментальных, так и промышленных технологий химического процесса.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина относится к вариативной части блока дисциплин Б1. К данному моменту студентами должны быть получены знания по основным разделам химии (неорганической, аналитической, органической, физической), необходим базовый объем знаний по физике и математике.

В данном курсе даются представления о современных подходах к исследованию взаимосвязи между строением органических и элементоорганических соединений и их реакционной способностью, механизмах реакций и способах их установления, зависимости свойств органических производных элементов от их положения в Периодической системе. Приводятся новейшие достижения в развитии теоретических представлений о природе химической связи, пространственном и электронном строении органических и элементоорганических молекул, дается методология критического анализа современных положений и концепций в теоретической органической и элементоорганической химии, новейшие данные о практическом использовании новых достижений в указанных областях химии.

### 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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности
ПК-3 (профессиональные компетенции)	владением системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций
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:

основные подходы к установлению взаимосвязи между свойствами молекул и характером химических связей в них, основные типы химических реакций органических и элементоорганических соединений; основные характеристики функциональных групп; основные положения теории строения молекул и типов внешних факторов.

2. должен уметь:

уметь анализировать факторы, определяющие реакционную способность органических и элементоорганических соединений, иметь представления об эффектах функциональных групп; прогнозировать структуру и свойства молекул в зависимости от положения элемента в Периодической системе; сопоставлять общие и специфические особенности химического поведения органических и элементоорганических молекул; адекватно сопоставлять структуру молекулы с ее проявлениями в результатах инструментальных методов идентификации молекул.

3. должен владеть:

методологией анализа электронной и пространственной структуры молекул; подходами и способностью критически анализировать факторы, определяющие химическое поведение и свойства молекул; основными представлениями теории и практики использования методов изучения строения молекул и их реакций: общими представлениями о возможностях экспериментального и практического использования органических и элементоорганических соединений

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к теоретической и экспериментальной научной деятельности в области синтеза, выделения, очистки и идентификации новых веществ; восприятия и понимания новейших теоретических представлений и практических достижений органической и элементоорганической химии; сопоставлению полученных экспериментальных и теоретических результатов с мировым опытом и литературными прецедентами и аналогиями; адекватно и на современном уровне представлять результаты и выводы индивидуальной научной работы.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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. Специфика органически и элементоорганических молекул и их реакций	7	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Химические связи в органических и элементоорганических соединениях	7	1	2	2	0	Реферат
3.	Тема 3. Многоцентровые многоэлектронные связи в элементоорганических молекулах.	7	2	2	0	0	
4.	Тема 4. Стереохимия органических и элементоорганических соединений.	7	2	2	3	0	
5.	Тема 5. Интермедиаты в химических реакциях.	7	3	2	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	
6.	Тема 6. Роль среды. Катализ в органических и элементоорганических реакциях	7	3	2	2	0	Контрольная работа
7.	Тема 7. Взаимосвязь электронной и пространственной структуры.	7	4	2	3	0	
8.	Тема 8. Методы установления механизмов реакций. Критерии истинности механизма.	7	4	2	3	0	
9.	Тема 9. Механизмы реакций нуклеофильного замещения у насыщенных центров.	7	5	2	3	0	
10.	Тема 10. Механизмы реакций нуклеофильного отщепления.	7	5	2	3	0	Письменная работа
11.	Тема 11. Реакции карбонильных соединений.	7	6	2	0	0	Письменная работа
12.	Тема 12. Реакции электрофильного замещения.	7	6	2	4	0	
13.	Тема 13. Реакции электрофильного присоединения.	7	7	2	4	0	
14.	Тема 14. Гомолитические реакции. Согласованные реакции. Циклоприсоединение.	7	7	2	2	0	
15.	Тема 15. Молекулярные перегруппировки органических и элементоорганических соединений	7	8	2	4	0	
16.	Тема 16. Органических производные металлов 1 и 2 групп.	7	8	2	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	
17.	Тема 17. Органические производных бора и алюминия.	7	9	2	2	0	
18.	Тема 18. Органические производные элементов 4 группы.	7	9	2	2	0	Письменная работа
19.	Тема 19. Органические производные переходных металлов.	7	10	2	3	0	
20.	Тема 20. Диеновые, циклопентадиенильные и ареновые комплексы.	7	10	2	0	0	
21.	Тема 21. Промышленный металлокомплексный катализ.	7	11	2	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Экзамен
	Итого			42	44	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

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

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

Полиэдрические структуры и многоцентровые многоэлектронные связи - предмет элементоорганической химии химии. Сходство и различие органических и элементоорганических молекул.

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

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

Способ описания химических связей. Двухцентровые двухэлектронные связи. Концепция электроотрицательности и полярность связей.

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

Анализ полярности связей на основе величин электроотрицательностей.

##### Тема 3. Многоцентровые многоэлектронные связи в элементоорганических молекулах.

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

Типы лигандов в МОС. Правило 18 электронов. Характер связей в электронодефицитных молекулах. Донорно-акцепторные и дативные связи

##### Тема 4. Стереохимия органических и элементоорганических соединений.

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

Пространственная структура. Хиральность, эффекты групп, прогнозирование реакционной способности.

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

Анализ сходства и различия барьеров вращения в органических и элементоорганических молекулах. Основные принципы конформационного анализа.

##### Тема 5. Интермедиаты в химических реакциях.

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Карбокатионы, карбанионы, радикалы, ион-радикалы, цвиттер-ионы, бирадикалы. Структура. Факторы стабилизации.

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

Кинетическая и термодинамическая стабилизация метастабильных элементоорганических молекул

**Тема 6. Роль среды. Катализ в органических и элементоорганических реакциях**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Современная концепция сольватации. Общий и специфический кислотный и основной катализ. Кислоты Бренстеда и Льюиса, принцип ЖМКО.

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

Принципы анализа жесткости и мягкости реакционных центров и прогнозирование реакционной способности на их основе.

**Тема 7. Взаимосвязь электронной и пространственной структуры.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Заполнение валентных слоев. Теория отталкивания валентных электронных пар. Принцип изолобальной аналогии.

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

Оценка возможности создания потенциальных элементоорганических систем на основе принципа изолобальности

**Тема 8. Методы установления механизмов реакций. Критерии истинности механизма.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Понятия механизма, стадий и скоростьопределяющих стадий. Типы механизмов. Критерии согласованных и ступчатых механизмов.

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

Подходы к анализу количественной взаимосвязи "структура - свойство"

**Тема 9. Механизмы реакций нуклеофильного замещения у насыщенных центров.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Диссоциативные и ассоциативные процессы. Механизмы присоединения-элиминирования. Переходные состояния и интермедиаы. Роль строения нуклеофила и субстрата. Нуклеофильное замещение у атома кремния.

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

Анализ возможности согласованного и ступенчатого течения реакций замещения в химии углерода и кремния.

**Тема 10. Механизмы реакций нуклеофильного отщепления.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Факторы, определяющие реакционную способность. Структура субстрата и нуклеофила. Правила Зайцева и Гофмана.

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

Синтез соединений низкокординированных фосфора и элементов IV группы на основе реакций отщепления.

**Тема 11. Реакции карбонильных соединений.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Тетраэдрические интермедиаы, роль уходящей группы, катализ, омыление и этерификация.

**Тема 12. Реакции электрофильного замещения.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Согласованные и двустадийные процессы. Реакции в ряду металлоорганических соединений. Прото- и галоиддеметаллирование.

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



Сходство и различие реакций ароматического и алифатического электрофильного замещения.

### **Тема 13. Реакции электрофильного присоединения.**

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

Стереохимия, правило Марковникова, смешанное присоединение. Сольвоаддукты. Симметричные и асимметричные циклические интермедиаты. Кинетика. Продуктоопределяющая стадия.

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

Современное состояние оценки интермедиатов в реакциях электрофильного присоединения. Примеры смены механизма электрофильного и нуклеофильного типов.

### **Тема 14. Гомолитические реакции. Согласованные реакции. Циклоприсоединение.**

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

Механизмы радикальных реакций замещения и присоединения. Электроциклические реакции. Согласованные и несогласованные процессы. Правило Вудворта-Гоффмана.

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

Реакции циклоприсоединения в элементоорганическом ряду.

### **Тема 15. Молекулярные перегруппировки органических и элементоорганических соединений**

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

Секстетные перегруппировки, нуклеофильные и радикальные 1,2-пергруппировки. Аллильные перегруппировки, Перегруппировки непредельных и фосфорорганических соединений.

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

Элементотропия и анализ механизмов элементотропных превращений.

### **Тема 16. Органических производные металлов 1 и 2 групп.**

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

Строение и методы синтеза. Литий и натрийорганические соединения. Реакция Виттига. Магнийорганические соединения. Цинк- и ртутьорганические соединения.

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

Уравнение Шленки и процессы ассоциации в химии ЭОС

### **Тема 17. Органические производных бора и алюминия.**

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

Природа связи в димерах и мономерах. Специфика химических реакций. Гидрометаллирование. Карбоалюминирование. Использование в органическом синтезе.

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

Реакция Судзуки и другие реакции сочетания

### **Тема 18. Органические производные элементов 4 группы.**

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

Изменение свойств связи элемент-углерод в группе. Методы синтеза и основные реакции. Силоксаны, -азаны, -атраны, силикаты. Реакция Стилле.

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

Гипервалентные соединения кремния и олова. Новые достижения в использовании ЭОС в органическом синтезе. Реакция Симмонса-Смита и аналогичные процессы кросс-сочетания

### **Тема 19. Органические производные переходных металлов.**

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

Связь элемент - переходный металл, сигма-комплексы. Олефиновые комплексы катионов и ноль-валентных металлов. Использование в синтезе

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

Промышленные процессы функционализации олефинов на металлоорганических катализаторах

## Тема 20. Диеновые, циклопентадиенильные и ареновые комплексы.

### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Ферроцен и сэндвичевые структуры. Реакции металлоорганических ароматических систем. Активация металлом ароматических систем.

## Тема 21. Промышленный металлокомплексный катализ.

### лекционное занятие (2 часа(ов)):

Ацетиленовый лиганд. Основные реакции и области применения металлокомплексных катализаторов. Стереоконтролируемый катализ. Работы Нобелевских лауреатов 2000-х годов в области каталитических процессов.

### 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
1.	Тема 1. Специфика органически и элементоорганических молекул и их реакций	7	1	Изучение материалов лекций и рекомендованных источников	2	Интерактивный опрос
2.	Тема 2. Химические связи в органических и элементоорганических соединениях	7	1	подготовка к реферату	2	реферат
3.	Тема 3. Многоцентровые многоэлектронные связи в элементоорганических молекулах.	7	2	Проработка материала конспектов	2	Интерактивный опрос
4.	Тема 4. Стереохимия органических и элементоорганических соединений.	7	2	Изучение материала лекций и источников	2	Интерактивный опрос
5.	Тема 5. Интермедиаты в химических реакциях.	7	3	Изучение материала лекций и источников	3	Интерактивный опрос
6.	Тема 6. Роль среды. Катализ в органических и элементоорганических реакциях	7	3	подготовка к контрольной работе	3	контрольная работа
7.	Тема 7. Взаимосвязь электронной и пространственной структуры.	7	4	Изучение материала лекций и источников	5	Интерактивный опрос
8.	Тема 8. Методы установления механизмов реакций. Критерии истинности механизма.	7	4	Выдача письменных заданий для составления краткого реферата	6	Анализ характерных ошибок и интерактивный опрос по его результатам

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
9.	Тема 9. Механизмы реакций нуклеофильного замещения у насыщенных центров.	7	5	Изучение материала лекций и источников	5	Интерактивный опрос
10.	Тема 10. Механизмы реакций нуклеофильного отщепления.	7	5	подготовка к письменной работе	5	письменная работа
11.	Тема 11. Реакции карбонильных соединений.	7	6	подготовка к письменной работе	10	письменная работа
12.	Тема 12. Реакции электрофильного замещения.	7	6	Изучение материала лекции	2	Интерактивный опрос
13.	Тема 13. Реакции электрофильного присоединения.	7	7	Поиск оригинальных примеров в Инетрнете по предлагаемым вопросам	2	Интерактивный опрос
14.	Тема 14. Гомолитические реакции. Согласованные реакции. Циклоприсоединение.	7	7	Работа с источником, предлагаемым преподавателм	2	Интерактивный опрос
15.	Тема 15. Молекулярные перегруппировки органических и элементоорганических соединений	7	8	Анализ сходства и различия перегруппировок в ряду органических и элементоорганических соединений	2	Интерактивный прос
16.	Тема 16. Органических производные металлов1 и 2 групп.	7	8	Механизмы реакций замещения. Реакция Вюрца.	1	Устный опрос
17.	Тема 17. Органические производных бора и алюминия.	7	9	Органические производные бора и алюминия в органическом синтезе	1	Устный опрос
18.	Тема 18. Органические производные элементов 4 группы.	7	9	подготовка к письменной работе	1	письменная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
19.	Тема 19. Органические производные переходных металлов.	7	10	Контрольная работа по индивидуальным заданиям	2	Проверка письменных работ и рецензия преподавателя
	Итого				58	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Интерактивный опрос, компьютерные презентации лекций, составление рефератов с использованием интернет-ресурсов

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

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

Интерактивный опрос, примерные вопросы:

Предмет элементоорганической химии. История возникновения химии ЭОС. Терминология в русско- и англоязычной литературе. ЭОС в природе и в промышленности. Статика и динамика элементоорганической химии. Стабилизация неустойчивых структур в координационной сфере переходных металлов

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

реферат, примерные темы:

Сходство и различие в природе связи в органических и элементоорганических молекулах. Полярные, ковалентные и многоцентровые многоэлектронные связи. Специфика стабилизации неустойчивых структур. ЭОС в промышленности и в природе.

### Тема 3. Многоцентровые многоэлектронные связи в элементоорганических молекулах.

Интерактивный опрос, примерные вопросы:

Электронная структура электронодефицитных молекул и недостаточность концепции простых связей для ее описания. Концепция многоцентровых многоэлектронных связей для описания строения гидридов бора и органоаланов. Гипervalентность и концепция многоцентровых многоэлектронных связей как альтернатива участия вакантных орбиталей. Специфика связи лиганд-переходный металл.

### Тема 4. Стереохимия органических и элементоорганических соединений.

Интерактивный опрос, примерные вопросы:

Понятия конституция, конфигурация и конформация молекул. Хиральность. Энантио- и диастереомерия. Барьеры вращения и конформации органических и элементоорганических молекул. Цис- - транс-изомерия. Соотношения конфигурационных и конформационных взаимопереходов. Конформация лигандов в ферроцене. Стереoeлектронные эффекты. Стереоселективность и стереоспецифичность. Принципы региохимии.

### Тема 5. Интермедиаты в химических реакциях.

Интерактивный опрос, примерные вопросы:

Карбокатионы, карбанионы, свободные радикалы. Способы генерирования, структура, факторы стабилизации. Методы идентификации на основе спектральных данных. Метод химических ловушек. Роль интермедиатов в реализации механизмов реакций. Биполярные ионы и бирадикалы, их соотношение с полярностью связей. Анион-радикалы. Одноэлектронный перенос.

### Тема 6. Роль среды. Катализ в органических и элементоорганических реакциях

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе 1. Органических производных щелочных металлов. Современный взгляд на механизм реакции Вюрца. 2. Многоцентровые многоэлектронные связи в гидридах бора 3. Специфика связей в гидридных и органильных производных алюминия.. 4. Электрофильное замещение в алифатическом ряду. Реакции прото- и галоиддеметаллирования 5. Изменение характера связи и свойств органических производных элементов IV группы (сравнение ?сверху ? вниз?). 6. Природа связи в органических производных переходных металлов. Теория Дьюара- Чатта -Данкинсона 7. ?Изменения? в химических свойствах координированного олефина по сравнению со ?свободным? 8. Особенности химических свойств координированных циклопентадиенилов и аренов

### **Тема 7. Взаимосвязь электронной и пространственной структуры.**

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Принципы развития электронной структуры атомов в соответствии с Периодическим законом -кинетическая энергия, притяжение к ядру и отталкивание электронов. Принцип Паули. Теория отталкивания валентных электронных пар. Взаимосвязь между электронной и постространственной структур элементорганических молекул как функция положения атома в Периодической системе. Связь координационного числа и вида полиэдра. Фантом-лиганды. Правило изолобальной аналогии и ее предсказательная сила.

### **Тема 8. Методы установления механизмов реакций. Критерии истинности механизма.**

Анализ характерных ошибок и интерактивный опрос по его результатам , примерные вопросы: Свод правил при выработке гипотезы механизма реакции. Кинетические и термодинамические критерии, стереохимические и электронные признаки механизма. Методы корреляционного анализа. Кинетический изотопный эффект. Полярность связи и прогноз реакционной способности. Хемо-, регио- и стереоселективность и специфичность.

### **Тема 9. Механизмы реакций нуклеофильного замещения у насыщенных центров.**

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Ассоциативный, диссоциативный, ион-парный и пуш-пулльный механизмы. Признаки и критерии диссоциативного мономолекулярного механизма замещения. Кинетика, стереохимия, роль среды. Особенности бимолекулярного замещения. Вальденовское обращение. кинетика и термехимия. Роль природы заместителей и влияние растворителей. Механизм присоединения-элиминирования замещения у атома кремния.

### **Тема 10. Механизмы реакций нуклеофильного отщепления.**

письменная работа , примерные вопросы:

Факторы, определяющие течение конкурентных процессов. Согласованные и несогласованные механизмы. Правило Гофмана и Зайцева и их объяснение с современных позиций. Реакции отщепления в элементорганическом ряду.

### **Тема 11. Реакции карбонильных соединений.**

письменная работа , примерные вопросы:

Двустадийные реакции карбонильных соединений. Роль четырехкоординационных интермедиатов. Соотношение реакций присоединения и замещения. Основные реакции карбонильных соединений. Кислый и основной катализ. Реакции этерификации и омыления.

### **Тема 12. Реакции электрофильного замещения.**

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Реакции электрофильного замещения в металлоорганическом ряду. Прото- и галоддеметаллирование алифатических МОС. Кинетика, стереохимия, природа заместителей. Внутренний катализ. Реакции протодеметаллирования и галоиддеметаллирования в ароматических МОС. Сходство и различие с реакциями электрофильного ароматического замещения. Корреляционный анализ в реакциях галоиддегермилирования и -станнирования.

### **Тема 13. Реакции электрофильного присоединения.**

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Природа электрофила и алкена, влияние заместителей. Доказательство многостадийности и скорость определяющая стадия. Природа интермедиатов - ониевые ионы, открытые, симметричные и несимметричные циклические интермедиаты. Правило Марковникова. Перегруппировки карбокатионов. Сольвоаддукты. Роль заместителя в нуклеофиле в региохимии процесса. Би- и тримолекулярные реакции. Продуктоопределяющая стадия.

#### **Тема 14. Гомолитические реакции. Согласованные реакции. Циклоприсоединение.**

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Методы генерирования свободных радикалов. Анализ вероятных механизмов радикального замещения. Сходство и различие с гетеролитическими процессами. Радикальные реакции присоединения. Радикальные реакции ФОС. Классификация реакций циклоприсоединения. Правило Вудворта-Гоффмана. Несогласованные процессы. Биполярные ионы и бирадикалы как интермедиаты реакций циклоприсоединения

#### **Тема 15. Молекулярные перегруппировки органических и элементоорганических соединений**

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Секстетные перегруппировки гетеролитического типа. Перегруппировки Беккера, Хока, пинаколиновая. Перегруппировка Хараша. Аллильные перегруппировки, перегруппировка Клайзена. Перегруппировки в металлоорганическом ряду. Фосфорилотропные перегруппировки, вклад химиков Казани

#### **Тема 16. Органических производные металлов 1 и 2 групп.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Активные металлоорганические соединения. Органические производные щелочных металлов. Синтез и строение. структура ассоциатов и многоцентровые многоэлектронные связи. Реакция Вюрца. Магнийорганические соединения. Цинкорганические соединения. Ртутьорганические соединения.

#### **Тема 17. Органические производных бора и алюминия.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Гидриды бора и алюминия. Модели многоцентровых многоэлектронных связей в структуре боранов и аланов. Реакции гидрометаллирования. Карбоалюминирование. Органические соединения бора и алюминия в органическом синтезе.

#### **Тема 18. Органические производные элементов 4 группы.**

письменная работа , примерные вопросы:

Изменение характеристик связей элемент-углерод в группе. Методы синтеза и основные реакции. Реакции гидрометаллирования. Реакции электрофильного замещения в алифатическом и ароматическом ряду. Прото- и галоиддеметаллирование. Гетероатомные соединения. Силоксаны, элементаркарбены, элементаралокены. Гипервалентные соединения.

#### **Тема 19. Органические производные переходных металлов.**

Проверка письменных работ и рецензия преподавателя , примерные вопросы:

Природа связи металл-лиганд. Сигма-комплексы. Олефиновые катионные и нольвалентные комплексы. Влад сигма и пи-компонент связи. Реакционная способность координированного олефина. Диеновые и циклобутадиеновые комплексы. Циклопентадиенильные и ареновые комплексы. Ацетилен как лиганд. Изменение природы непредельных лигандов при координации с переходным металлом

#### **Тема 20. Диеновые, циклопентадиенильные и ареновые комплексы.**

#### **Тема 21. Промышленный металлокомплексный катализ.**

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

Примерные вопросы к экзамену:

БИЛЕТЫ К ЭКЗАМЕНАМ

? Билет 1

? 1 Область химии элементоорганических соединений, ее место в ряду других химических дисциплин. Открытие, применение и практическое значение ЭОС. Общие и специфические свойства органических и элементоорганических молекул и их реакций.

? 2. Реакции нуклеофильного отщепления. Механизмы E1 и E2.

? Билет 2

? 1. Теория отталкивания валентных электронных пар и ее применение для установления структуры молекул. Принцип изолялобальной аналогии.

? 2. Литийорганические соединения.

? Билет 3.

? 1. Типы химических связей в органических и элементоорганических соединениях. Ионные и ковалентные связи, полярность, степень ионности, поляризуемость; закономерности изменения этих характеристик в зависимости от положения элемента в Периодической системе.

? 2. Общая характеристика органических производных элементов I группы (сравнительный анализ).

? Билет 4

? 1. Многоцентровые многоэлектронные связи в металлоорганических соединениях, гидриде бора и диалкилборанах.

? 2. Нуклеофильное замещение в ароматическом ряду.

? Билет 5

? 1. Связи металл - углерод в карбонилах металлов, олефиновых, аллильных, циклопентадиенильных и ареновых комплексах.

? 2. Реакции электрофильного присоединения.

## ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Контрольная работа ♦1

Вариант 1

Специфика элементоорганических молекул и их реакций.

Вариант 2

Ординарные связи элементоорганических молекулах

Вариант 3

Типы лигандов и классификация органических производных переходных металлов

Вариант 4

Интермедиаы в органических реакциях и их идентификация

Вариант 5

Современные воззрения на процессы сольватации молекул

Вариант 6

Катализ в органической и элементоорганической химии

Вариант 7

Анализ зависимости пространственной структуры молекул от положения элемента в Периодической системе. Теория отталкивания валентных электронных пар.

Вариант 8

Принцип изолялобальной аналогии и ее прогностические возможности

### 7.1. Основная литература:

1. Реутов, О.А. Органическая химия : в 4-х частях : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности 'Химия' / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин .? 5-е изд. ? Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014 .? ; 22 см .? (Химия) .? ISBN 978-5-94774-611-2. Ч. 1 .? [2014] .? 566, [1] с. : ил.

2. Реутов, О.А. Органическая химия : в 4-х частях : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности 'Химия' / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин .? 5-е изд. ? Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014 .? ; 22 см .? (Химия) .? ISBN 978-5-94774-611-2.Ч. 2 .? [2013] .? 622, [1] с. : ил.
3. Реутов, О.А. Органическая химия : в 4-х частях : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению и специальности 'Химия' / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .? Москва : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2014 .? ; 22 .? (Классический университетский учебник / ред. совет: В.А. Садовничий [и др.]) .Ч. 3 .? 2-е изд. ? [2014] .? 543, [1] с.
4. Эльшенбройх К. Металлоорганическая химия [Электронный ресурс] : . ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2014. ? 745 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50536](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50536) ? Загл. с экрана.
5. Семчиков Ю. Д. Введение в химию полимеров [Электронный ресурс] : учебное пособие / Семчиков Ю. Д., Жильцов С. Ф., Зайцев С. Д. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2014. ? 223 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4036](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4036) ? Загл. с экрана.
6. Кленин В.И., Федусенко И.В. Высокомолекулярные соединения: учебник. [Электронный ресурс] - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург, 2013. - 512 с.  
Режим доступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5842](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5842)
7. Туб М. Механизмы неорганических реакций /М. Туб, Дж. Берджесс ; пер. с англ. -Эл. изд. - М. : БИНОМ.Лаборатория знаний, 2012. - 678 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=8697](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=8697)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Реутов, О.А. Органическая химия. 4 ч. [Электронный ресурс] : учебник / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2013. ? 728 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3155](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3155) ? Загл. с экрана.
2. Нанобиотехнологии : практикум / под ред. А. Б. Рубина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 384 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3130](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3130)
3. Семчиков, Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: учеб. для студентов вузов, обучающихся по спец. 011000 'Химия' и направлению 510500 'Химия' / Ю.Д. Семчиков. ?3-е изд., стер. ?Москва: Академия, 2006. ?366, [1] с

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- гид в области металлорганической химии - <http://www.freebookcentre.net/Chemistry/OrganoMetallic-Chemistry-Books.html>
- интернет-лекции по химии элементоорганических соединений - <http://www.scs.uiuc.edu/white/index.php?p=lectures>
- каталог литературы по металлорганической химии - <http://web.uvic.ca/~mcindoe/423/423syllabus.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)
- словарь терминов металлорганической химии - <http://www.ilpi.com/organomet/>
- электронная библиотечная система - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4036](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4036)

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

Освоение дисциплины "Теоретические основы органической и элементоорганической химии" 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.

компьютерный класс, ноутбук

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

Автор(ы):

Черкасов Р.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Гарифзянов А.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.