

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

Методы элементоорганической химии в органическом синтезе Б1.В.ОД.10

Специальность: 04.05.01 - Фундаментальная и прикладная химия

Специализация: Органическая химия

Квалификация выпускника: Химик. Преподаватель химии

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Миронов В.Ф.

**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 770717

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) Миронов В.Ф. , Vladimir.Mironov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

знакомство с современными методами химии элементоорганических соединений, имеющими важнейшее значение в органическом синтезе, с новыми реагентами и реакциями.

Рассматриваются:

основные методы синтеза, химические свойства и синтетическое применение важнейших органических производных таких элементов как литий, магний, алюминий, бор, цинк, ртуть, кадмий, кремний, олово, свинец, сера, фосфор. Основное внимание уделено реагентам, находящим применение для создания связей углерод-углерод, угле-род-элемент (где элемент - кислород, галоген, сера, водород, азот), а также новым модификациям реакций с использованием в качестве катализаторов комплексов переходных металлов (реакции Кумада, Стилле, Мияура-Сузуки, Нигиши).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина 'Методы элементоорганической химии в органическом синтезе' относится к вариативной части блока дисциплин Б1 учебного плана подготовки бакалавров по направлению Химия, профилю Органическая химия.

Дисциплина 'Методы элементоорганической химии в органическом синтезе' опирается на такие ранее изученные студентами дисциплины, как общая и неорганическая химия, органическая химия, аналитическая химия, физическая химия. Знания и навыки, полученные студентами в результате изучения дисциплины необходимы для формирования её связи с другими дисциплинами.

### 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
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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
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:

механизмы реакций элементоорганических реагентов, границы их синтетического применения и особенности их реакционной способности.

2. должен уметь:

ориентироваться в важнейших реагентах и методах образования связей углерод-углерод, углерод-элемент (где элемент - кислород, галоген, сера, водород, азот)

3. должен владеть:

навыками планирования использования тех или иных элементоорганических соединений в органическом синтезе.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

объяснить основные особенности органической химии таких элементов как литий, магний, алюминий, бор, цинк, ртуть, кадмий, кремний, олово, свинец, сера, фосфор.

#### 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. Литийорганические соединения. Строение. Методы синтеза.	8	1	3	0	0	
2.	Тема 2. Реакции присоединения и элиминирования литийорганических соединений	8	2	3	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	
3.	Тема 3. Магнийорганические соединения (реактивы Гриньяра). Строение. Методы синтеза.	8	3	3	0	0	Реферат
4.	Тема 4. Применение магнийорганических соединений в органическом синтезе.	8	4	3	0	0	
5.	Тема 5. Цинкорганические и кадмийорганические соединения.	8	5	3	0	0	
6.	Тема 6. Ртутьорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.	8	6	3	0	0	
7.	Тема 7. Алюминийорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.	8	7	2	0	0	
8.	Тема 8. Борорганические соединения. Гидроборирование алкенов, алкинов и диенов.	8	8	3	0	0	Реферат
9.	Тема 9. Триорганилбораны. Строение, методы получения. Применение в органическом синтезе	8	9	4	0	0	
10.	Тема 10. Кремнийорганические соединения. Строение, получение, механизмы реакций, применение в органическом синтезе.	8	10	3	0	0	
11.	Тема 11. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Получение, строение, применение в органическом синтезе.	8	11	3	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	
12.	Тема 12. Органические соединения серы. Получение, взаимопревращения, перегруппировки. Применение в органическом синтезе.	8	12	3	0	0	
13.	Тема 13. Соли сульфония и илиды серы.	8	13	2	0	0	
14.	Тема 14. Основные типы органических соединений фосфора. Органические соединения фосфора в органическом синтезе.	8	14	2	0	0	Реферат
15.	Тема 15. Контрольная работа. Сера-, фосфорорганические соединения	8	14	2	0	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			42	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Литийорганические соединения. Строение. Методы синтеза.

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Литийорганические соединения. Строение, стабилизация кислород-, азотсодержащими растворителями, криптандами. Методы синтеза R-Li на примере BuLi, MeLi, PhLi, t-BuLi, PhCH<sub>2</sub>Li, CH<sub>2</sub>=CHLi. Металлирование полициклических ароматических соединений с последующей реакцией с арилгалогенидами. Металлирование полициклических ароматических соединений с последующей реакцией с арилгалогенидами. Реакции обмена литий - галоген. Металлирование связей C-H, влияние альфа- или бета-гетероатома (O, N, S) на реакции металлирования. Литиирование с помощью амидов лития [бис(триметилсиллил)амид лития, диизопропиламид лития]. Литийкупраты в органическом синтезе.

### Тема 2. Реакции присоединения и элиминирования литийорганических соединений

#### лекционное занятие (3 часа(ов)):

Присоединение по кратной связи C=N, -CN, :N=C-, C=O. Реакция Барбье. Присоединение к альфа-, бета-ненасыщенным кетонам, альдегидам. Олефинизация Петерсона. Реакции с ацилгалогенидами, сложными эфирами, модификация реакций в присутствии триметилхлорсилана. Присоединение к N,N-дизамещенным амидам. Присоединение к кумуленам, окиси углерода [R-C(O)Li], карбонилам металлов. Реакции литийорганических соединений, приводящие к образованию связей C-N, C-S, C-O. Реакции элиминирования литийорганических соединений (получение аринов, карбенов, илидов фосфора). Методология раскрытия литиированных гетероциклов.

### **Тема 3. Магнийорганические соединения (реактивы Гриньяра). Строение. Методы синтеза.**

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

Образование связей C-C (присоединение по кратным связям C=C, -CC-, C=N, -CN, C=O, C=S). Реакция Джемилева. Побочные реакции с участием магнийорганических соединений - енолизация или альфа-металлирование карбонильных соединений, бета-гидридный перенос, одноэлектронный перенос и пинаконовое восстановление. Реакции магнийорганических соединений с ацилгалогенидами, органилгалогенидами (катализ солями Co, Cu, Ni, Pd).

### **Тема 4. Применение магнийорганических соединений в органическом синтезе.**

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

Реакции магнийорганических соединений с серосодержащими соединениями (тионилхлорид, сульфурилхлорид, алкилсульфаты, сера). Реакции с кислородом, перекисями, водой, галогенами. Использование магнийорганических соединений в синтезе металлоорганических соединений меди, олова, свинца, ртути, алюминия, кадмия, а также элементоорганических соединений мышьяка, бора, кремния, фосфора. Сочетание по Кумада (Kumada) - синтез связей углерод-углерод.

### **Тема 5. Цинкорганические и кадмийорганические соединения.**

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

Синтез и строение цинк- и кадмийорганических соединений. Реакция Реформатского, сочетание по Нигиши (Nigishi). Синтез кетонов из галогенангидридов карбоновых кислот и кадмийорганических соединений.

### **Тема 6. Ртутьорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.**

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

Синтез ртутьорганических соединений (магнийорганический синтез, термолиз солей ртути на основе галогенированных карбоновых кислот, реакция меркурирования ароматических соединений). Применение ртутьорганических соединений в органическом синтезе. Реакции замены ртути на водород, на галоген. Использование ртутьорганических соединений для генерирования радикалов. Синтез кетонов на основе ртутьорганических соединений. Реакция замены ртути на кислород, серу, селен, теллур. Окисление ртутьорганических соединений. Реакции Трайбса и Дениже (оксимеркурирование и демеркурирование алкенов). Термолиз алкенилртутных соединений. Синтез циклопропанов на основе ртутьорганических соединений.

### **Тема 7. Алюминийорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.**

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

Диизобутилалан, синтез и реакции с алкинами в кислородсодержащих растворителях и предельных углеводородах. Использование алкенилаланов для образования связи C-C (синтез непредельных карбоновых кислот, непредельных спиртов - реакции с параформом, альдегидами, кетонами, хлоркарбонатом, CO<sub>2</sub>), реакции алкенилаланов с алкенилгалогенидами (региоселективный синтез диенов). Реакции триалкилаланов с алкинами. Алюминирование терминальных алкинов диизобутилаланом и литийалюминийгидридом. Гидролиз, галогенирование, окисление алкенилаланов. Восстановительные свойства диизобутилалана. Использование аланов и их ат-комплексов с RLi в синтезе насыщенных и непредельных кетонов.

### **Тема 8. Борорганические соединения. Гидроборирование алкенов, алкинов и диенов.**

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



Способы получения диборана. Аддукты борана с аминами, диметилсульфидом, эфирами. Региохимия гидроборирования алкенов. Тексилборан, дисиадилборан. Термические перегруппировки органоборанов. Гидроборирование диенов, синтез диолов. Гидроборирование алкинов, синтез альдегидов, алкенов, кетонов. Особенности гидроборирования под действием  $\text{BH}_3^*\text{TGF}$ . Влияние природы алкильной группы в замещенных алкенах на результат гидроборирования (стерический и электронный факторы). Восстановление карбонильной группы альдегидов, кетонов, амидов, карбоновых кислот под действием  $\text{BH}_3^*\text{TGF}$ . Качественная оценка реакционной способности  $\text{BH}_3^*\text{TGF}$ . Катехолборан, получение и применение для синтеза алкенов, алкенилйодидов и бромидов. Восстановление катехолбораном гидразонов в алканы и алкены. Боргидрид натрия и его свойства.

### **Тема 9. Триорганилбораны. Строение, методы получения. Применение в органическом синтезе**

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

Особенности строения, аллильные перегруппировки аллилборанов. Применение триорганилборанов в органическом синтезе. Три основных типа реакций. Протолиз триорганилборанов, реакции с карбоновыми кислотами (образование алканов и алкенов). Окисление триорганилборанов (синтез спиртов, кетонов, аминов). Ионное и радикальное галогенирование боранов. Галогенирование боранов в присутствии воды (синтез спиртов). Образование связей C-C с использованием триорганилборанов (реакции с внутримолекулярной миграцией органической группы от бора к электронодефицитному альфа-углеродному атому). Карбонилирование органоборанов. Реакции с анионами, генерируемыми из  $\text{CHX}_3$  и альфа-галогенкетон. Перегруппировки альфа-галогенорганоборанов (синтез спиртов). Реакция Сазоновой. Реакция Мияура-Сузуки (Miyaura-Suzuki).

### **Тема 10. Кремнийорганические соединения. Строение, получение, механизмы реакций, применение в органическом синтезе.**

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

Основные особенности органической химии кремния, механизмы реакций с участием кремния как реакционного центра. Основные галогенсодержащие кремнийорганические соединения (триметилхлорсилан, диметилдихлорсилан). Особенности нуклеофильного замещения у атома кремния. Производные  $\text{Me}_3\text{Si-X}$  ( $\text{X} = \text{I}, \text{OCOCF}_3, \text{OSO}_2\text{CF}_3, \text{N}_3, \text{CN}, \text{NCO}, \text{NCS}$ ), использование в органическом синтезе. Гидриды кремния (нуклеофильное, радикальное, электрофильное замещение водорода, реакции внедрения в связь Si-H). Гидросилилирование (катализ  $\text{H}_2\text{PtCl}_6$ ). Восстановительные свойства гидридов кремния. Силикохлороформ и его свойства. Синтез силиловых эфиров и их использование для получения силиловых эфиров енолов. Применение силиловых эфиров енолов в органическом синтезе. Сочетание по Хияма (Hiyama).

### **Тема 11. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Получение, строение, применение в органическом синтезе.**

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

Методы синтеза и особенности структуры олово-, германий- и свинецорганических соединений. Типы оловоорганических соединений. Кросс-сочетание по Стилле. Механизм реакции (окислительное присоединение, транс-металлирование, восстановительное элиминирование), влияние природы лигандов, влияние координации палладия.

### **Тема 12. Органические соединения серы. Получение, взаимопревращения, перегруппировки. Применение в органическом синтезе.**

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



Общие методы введения группы S-H в органические соединения (реакции серосодержащих соединений с алкилгалогенидами, магниийорганический синтез, сульфирование ароматических соединений). Тионирование карбонильных соединений (пентасульфид фосфора, реагент Лавессона, Дэви). Тионирование с использованием сероводорода и серы. Дисульфиды и их синтез. Реакции восстановления сульфоксидов в сульфиды и окисления сульфидов в сульфоксиды. Тиоацетали, получение и применение в органическом синтезе. Тиоацетали как синтетические эквиваленты карбонильной группы. Методы превращения тиоацеталей а альдегиды и кетоны.

### **Тема 13. Соли сульфония и илиды серы.**

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

Получение солей сульфония и их реакции (беттаэлиминирование, алкилирование, замещение). Перегруппировка Стивенса. Окисление по Моффету. Перегруппировка Пуммерера. Илиды серы. Получение илидов серы (депротонирование солей сульфония, нуклеофильное присоединение к сульфониевым солям, присоединение карбенов к сульфидам и сульфоксидам). Реакции илидов серы (перенос алкилиденового фрагмента - синтез циклопропанов и эпоксидов).

### **Тема 14. Основные типы органических соединений фосфора. Органические соединения фосфора в органическом синтезе.**

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

Основные типы органических соединений фосфора. Общие методы синтеза производных трех- и пятикоординированного атома фосфора. Реакция Виттига. Реакция Хорнера-Виттига. Реакция Хорнера-Водстворта-Эммонса (HWE). Иминофосфораны и их применение в органическом синтезе. Оксафосфорановая конденсация. Реакция Эванса. Реакция Арбузова-Михаэлиса и ее неклассические варианты. Реакция Перкова. Реакция Мицунобу. Оксофосфонилирование алканов и алкенов. Реакции галогенидов трех- и пятикоординированного атома фосфора с непредельными соединениями. Полифосфорная кислота как конденсирующий реагент в органическом синтезе.

### **Тема 15. Контрольная работа. Сера-, фосфорорганические соединения**

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

Тема контрольной работы: Методы получения и химические свойства сера-, фосфорорганических соединений.

## **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>
3.	Тема 3. Магниийорганические соединения (реактивы Гриньяра). Строение. Методы синтеза.	8	3	подготовка к реферату	6	реферат
8.	Тема 8. Борорганические соединения. Гидроборирование алкенов, алкинов и диенов.	8	8	подготовка к реферату	10	реферат

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
14.	Тема 14. Основные типы органических соединений фосфора. Органические соединения фосфора в органическом синтезе.	8	14	подготовка к реферату	12	реферат
15.	Тема 15. Контрольная работа. Сера-, фосфорорганические соединения	8	14	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				30	

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

- компьютерные презентации лекций,
- мини-конференция.

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

**Тема 1. Литийорганические соединения. Строение. Методы синтеза.**

**Тема 2. Реакции присоединения и элиминирования литийорганических соединений**

**Тема 3. Магнийорганические соединения (реактивы Гриньяра). Строение. Методы синтеза.**

реферат , примерные темы:

Магнийорганические соединения в органическом синтезе. Реакция Кумада. Присоединение магнийорганических соединений к непредельным системам. Реакция Джемилева.

**Тема 4. Применение магнийорганических соединений в органическом синтезе.**

**Тема 5. Цинкорганические и кадмийорганические соединения.**

**Тема 6. Ртутьорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.**

**Тема 7. Алюминийорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.**

**Тема 8. Борорганические соединения. Гидроборирование алкенов, алкинов и диенов.**

реферат , примерные темы:

Реакция Кумада. Реакция Реформатского. Ртутьорганические соединения в органическом синтезе. Реакции гидроалюминирования. Применение алюминийорганических соединений в органическом синтезе. Гидроборирование алкенов. Перегруппировки в ряду тетракоординированного бора. Химия катехолборана. Карбонилирование боранов. Восстановление с использованием промзводных гидридов бора. Триаллилборан в органическом синтезе. Реакция Сузуки. Реакция Сазоновой.

**Тема 9. Триорганилбораны. Строение, методы получения. Применение в органическом синтезе**

**Тема 10. Кремнийорганические соединения. Строение, получение, механизмы реакций, применение в органическом синтезе.**

**Тема 11. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Получение, строение, применение в органическом синтезе.**

**Тема 12. Органические соединения серы. Получение, взаимопревращения, перегруппировки. Применение в органическом синтезе.**

**Тема 13. Соли сульфония и илиды серы.**

**Тема 14. Основные типы органических соединений фосфора. Органические соединения фосфора в органическом синтезе.**

реферат , примерные темы:

Реакции кросс-сочетания в органическом синтезе. Реакция Стилле. Реакция Петерсона. Реакция Нийяма. Илиды серы в органическом синтезе. Химия соединений германия. Типы фосфорорганических соединений. Оксафосфорановая конденсация. Реакция Арбузова-Михаэлиса. Реакция Перкова. Реакция Пудовика. Реакция Абрамова. Реакция Виттига. HWE-реакция. Синтез галоеналканов с использованием производных P(III). Реакция Мицунобу. Нуклеофильное замещение у атома кремния и атом фосфора. Стереохимия соединений пентакоординированного фосфора.

**Тема 15. Контрольная работа. Сера-, фосфорорганические соединения**

контрольная работа , примерные вопросы:

Вопросы к контрольной работе. 1. Органические соединения серы. Общие методы введения группы S?H в органические соединения (реакции серосодержащих соединений с алкилгалогенидами, магнийорганический синтез, сульфирование ароматических соединений). Тионирование карбонильных соединений (пентасульфид фосфора, реагент Лавессона, Дэви). Тионирование с использованием сероводорода и серы. Дисульфиды и их синтез. Реакции восстановления сульфоксидов в сульфиды и окисления сульфидов в сульфоксиды. Тиоацетали, получение и применение в органическом синтезе. Тиоацетали как синтетические эквиваленты карбонильной группы. Методы превращения тиоацеталей в альдегиды и кетоны. Получение солей сульфония и их реакции (альфа-элиминирование, алкилирование, замещение). Перегруппировка Стивенса. Окисление по Моффету. Перегруппировка Пуммерера. Илиды серы. Получение илидов серы (депротонирование солей сульфония, нуклеофильное присоединение к сульфониевым солям, присоединение карбенов к сульфидам и сульфоксидам). Реакции илидов серы (перенос алкилиденового фрагмента ? синтез циклопропанов и эпоксидов). 2. Органические соединения фосфора в синтезе. Основные типы органических соединений фосфора. Общие методы синтеза производных трех- и пятикоординированного атома фосфора. Реакция Виттига. Реакция Хорнера-Виттига. Реакция Хорнера-Водстворта-Эммонса. Иминофосфораны и их применение в органическом синтезе. Оксафосфорановая конденсация. Реакция Эванса. Реакция Арбузова-Михаэлиса и ее неклассические варианты. Реакция Перкова. Реакция Мицунобу. Реакции галогенидов трех- и пятикоординированного атома фосфора с непредельными соединениями. Полифосфорная кислота как конденсирующий реагент в органическом синтезе.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Билеты к зачету

Билет

1. Литийорганические соединения. Строение, стабилизация кислород-, азотсодержащими растворителями, криптандами. Методы синтеза R-Li на примере BuLi, MeLi, PhLi, t-BuLi, PhCH<sub>2</sub>Li, CH<sub>2</sub>=CHLi. Реакции R-Hlg (Hlg - галоген) с металлическим литием. Металлирование полициклических ароматических соединений с последующей реакцией с арилгалогенидами.
2. Алюминийорганические соединения. Диизобутилалан, синтез и реакции с алкинами в кислородсодержащих растворителях и предельных углеводородах. Восстановительные свойства диизобутилалана. Использование аланов и их ат-комплексов с RLi в синтезе насыщенных и непредельных кетонов.
3. Производные Me<sub>3</sub>Si-X (X = I, OCOCF<sub>3</sub>, OSO<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, N<sub>3</sub>, CN, NCO, NCS), использование в органическом синтезе. Гидриды кремния (нуклеофильное, радикальное, электрофильное замещение водорода, реакции внедрения в связь Si-H). Гидросилилирование (катализ H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>). Восстановительные свойства гидридов кремния.

#### 4. Иминофосфораны и их применение в органическом синтезе. Оксафосфорановая конденсация.

##### Билет

1. Реакции литийорганических соединений. Присоединение по кратной связи  $C=N$ ,  $-CN$ ,  $:N=C-$ ,  $C=O$ . Реакция Барбье. Присоединение к альфа,бета-ненасыщенным кетонам, альдегидам.
2. Использование алкенилаланов для образования связи C-C (синтез непредельных карбоновых кислот, непредельных спиртов - реакции с параформом, альдегидами, кетонами, хлоркарбонатом,  $CO_2$ ), реакции алкенилаланов с алкенилгалогенидами (региоселективный синтез диенов). Реакции триалкилаланов с алкинами.
3. Производные  $Me_3Si-X$  ( $X = I, OCOCF_3, OSO_2CF_3, N_3, CN, NCO, NCS$ ), использование в органическом синтезе. Гидриды кремния (нуклеофильное, радикальное, электрофильное замещение водорода, реакции внедрения в связь Si-H). Гидросилилирование (катализ  $H_2PtCl_6$ ). Восстановительные свойства гидридов кремния.

##### Билет

1. Реакции литийорганических соединений. Реакции элиминирования литийорганических соединений (получение аринов, карбенов, илидов фосфора). Методология раскрытия литиированных гетероциклов.
2. Термические перегруппировки органоборанов. Гидроборирование диенов, синтез диолов. Гидроборирование алкинов, синтез альдегидов, алкенов, кетонов. Особенности гидроборирования под действием  $BH_3^*TGФ$ . Влияние природы алкильной группы в замещенных алкенах на результат гидроборирования (стерический и электронный факторы).
3. Тиоацетали, получение и применение в органическом синтезе. Тиоацетали как синтетические эквиваленты карбонильной группы. Методы превращения тиоацеталей а альдегиды и кетоны.
4. Реакция Мияура-Сузуки.

#### 7.1. Основная литература:

1. Реутов, О.А. Органическая химия. 1 ч. [Электронный ресурс] : учебник / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2012. ? 568 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3152](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3152) ? Загл. с экрана.
2. Реутов, О.А. Органическая химия. 2 ч. [Электронный ресурс] : учебник / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2012. ? 624 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3153](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3153) ? Загл. с экрана.
3. Реутов, О.А. Органическая химия. 3 ч. [Электронный ресурс] : учебник / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? М. : 'Лаборатория знаний' (ранее 'БИНОМ. Лаборатория знаний'), 2012. ? 546 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3154](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3154) ? Загл. с экрана.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

7. 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.

8. 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. 4 .? [2014] .? 722, [4] с.

9.. Щербина А. Э. Органическая химия. Основной курс.: Учебник [Электронный ресурс]. / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич; Под ред. А.Э. Щербины. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 808 с. - (Высшее образование: Бакалавриат).

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php/book=415732>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Племенков, В. В. Введение в химию природных соединений : Учеб. пособие для мед. и фармацевт. вузов России / В.В.Племенков .? Казань : [Б.и.], 2001 .? 376 с.

2. Биологическая химия / [Ю. Б. Филиппович и др.] ; под ред. Н. И. Ковалевской .? Москва : Академия, 2005 .? 254 с.

3. Шабаров Ю. С. Органическая химия. [Электронный ресурс]. - 5-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 848 с.

Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php.pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4037](http://e.lanbook.com/books/element.php.pl1_cid=25&pl1_id=4037)

## 7.3. Интернет-ресурсы:

International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) - <http://old.iupac.org/publications/index.html>

European Journal of Organic Chemistry - <http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/%28ISSN%291099-0690>

Journal of Organic Chemistry Home Page (ACS Publications) - <http://pubs.acs.org/journal/jocea>

Journal of the American Chemical Society Home Page (ACS Publications) - <http://pubs.acs.org>

Organic Syntheses - Охватывает тома 1-84 - <http://www.orgsyn.org>

WebReactions - <http://webreactions.net>

Успехи химии - <http://www.uspkhim.ru/>

Учебные материалы по курсу органической химии - <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/org.html>

ХиМиК.ru - Сайт о химии - <http://www.xumuk.ru/>

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

Освоение дисциплины "Методы элементоорганической химии в органическом синтезе" 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.

Лингафонный кабинет, представляющий собой универсальный лингафонно-программный комплекс на базе компьютерного класса, состоящий из рабочего места преподавателя (стол, стул, монитор, персональный компьютер с программным обеспечением SANAKO Study Tutor, головная гарнитура), и не менее 12 рабочих мест студентов (специальный стол, стул, монитор, персональный компьютер с программным обеспечением SANAKO Study Student, головная гарнитура), сетевого коммутатора для структурированной кабельной системы кабинета.

Лингафонный кабинет представляет собой комплекс мультимедийного оборудования и программного обеспечения для обучения иностранным языкам, включающий программное обеспечение управления классом и SANAKO Study 1200, которые дают возможность использования в учебном процессе интерактивные технологии обучения с использованием современных мультимедийных средств, ресурсов Интернета.

Программный комплекс SANAKO Study 1200 дает возможность инновационного ведения учебного процесса, он предлагает широкий спектр видов деятельности (заданий), поддерживающих как практики слушания, так и тренинги речевой активности: практика чтения, прослушивание, следование образцу, обсуждение, круглый стол, использование Интернета, самообучение, тестирование. Преподаватель является центральной фигурой процесса обучения. Ему предоставляются инструменты управления классом. Он также может использовать многочисленные методы оценки достижений учащихся и следить за их динамикой. SANAKO Study 1200 предоставляет учащимся наилучшие возможности для выполнения речевых упражнений и заданий, основанных на текстах, аудио- и видеоматериалах. Вся аудитория может быть разделена на подгруппы. Это позволяет организовать отдельную траекторию обучения для каждой подгруппы. Учащиеся могут работать самостоятельно, в автономном режиме, при этом преподаватель может контролировать их действия. В состав программного комплекса SANAKO Study 1200 также входит модуль Examination Module - модуль создания и управления тестами для проверки конкретных навыков и способностей учащегося. Гибкость данного модуля позволяет преподавателям легко варьировать типы вопросов в тесте и редактировать существующие тесты.

Также в состав программного комплекса SANAKO Study 1200 также входит модуль обратной связи, с помощью которых можно в процессе занятия провести экспресс-опрос аудитории без подготовки большого теста, а также узнать мнение аудитории по какой-либо теме.

Каждый компьютер лингафонного класса имеет широкополосный доступ к сети Интернет, лицензионное программное обеспечение. Все универсальные лингафонно-программные комплексы подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Мультимедийное оборудование, электронные презентации.

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):

Миронов В.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Антипин И.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.