

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Методы элементоорганической химии в органическом синтезе

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) главный научный сотрудник, д.н. (профессор) Миронов В.Ф. (НИЛ Лаборатория синтетических физиологически активных веществ, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Vladimir.Mironov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1	Способен использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
УК-3	Способен осуществлять социальные взаимодействия и реализовывать свою роль в команде;
УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни;

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

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

Должен уметь:

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

Должен владеть:

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

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.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.16.05 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.03.01 "Химия (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Контактная работа - 40 часа(ов), в том числе лекции - 40 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 32 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Литийорганические соединения. Строение. Методы синтеза.	8	3	0	0	
2.	Тема 2. Реакции присоединения и элиминирования литийорганических соединений	8	3	0	0	
3.	Тема 3. Магнийорганические соединения (реактивы Гриньяра). Строение. Методы синтеза.	8	2	0	0	4
4.	Тема 4. Применение магнийорганических соединений в органическом синтезе.	8	2	0	0	
5.	Тема 5. Цинкорганические и кадмийорганические соединения.	8	2	0	0	
6.	Тема 6. Ртутьорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.	8	2	0	0	
7.	Тема 7. Алюминийорганические соединения. Получение и применение в органическом синтезе.	8	2	0	0	
8.	Тема 8. Борорганические соединения. Гидроборирование алкенов, алкинов и диенов.	8	3	0	0	8
9.	Тема 9. Триорганилбораны. Строение, методы получения. Применение в органическом синтезе	8	4	0	0	
10.	Тема 10. Контрольная работа по методам синтеза триорганилборанов и их применению в органическом синтезе	8	2	0	0	
11.	Тема 11. Кремнийорганические соединения. Строение, получение, механизмы реакций, применение в органическом синтезе.	8	3	0	0	
12.	Тема 12. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Получение, строение, применение в органическом синтезе.	8	3	0	0	
13.	Тема 13. Органические соединения серы. Получение, взаимопревращения, перегруппировки. Применение в органическом синтезе.	8	2	0	0	
14.	Тема 14. Соли сульфония и илиды серы.	8	3	0	0	20
15.	Тема 15. Основные типы органических соединений фосфора. Органические соединения фосфора в органическом синтезе.	8	2	0	0	0
16.	Тема 16. Контрольная работа. Сера-, фосфорорганические соединения	8	2	0	0	

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого		40	0	0	32

## 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

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

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(триметилсилил)амид лития, диизопропиламид лития]. Литийкупраты в органическом синтезе.

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

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, оксиси 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.

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.

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.

Синтез и строение цинк- и кадмийорганических соединений. Реакция Реформатского, сочетание по Нигиши (Nigishi). Синтез кетонов из галогенангидридов карбоновых кислот и кадмийорганических соединений. Использование трехкомпонентной реакции аллилгалогенид - металлический цинк - карбонильное соединение в синтезе аллильных спиртов по Зайцеву. Каталитический цикл реакции Нигиши с использованием палладиевых катализаторов.

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

Синтез ртутьорганических соединений (магнийорганический синтез, термолит солей ртути на основе галогенированных карбоновых кислот, реакция меркурирования ароматических соединений). Применение ртутьорганических соединений в органическом синтезе. Ре-акции 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). Термолит алкенилртутных соединений. Синтез циклопропанов на основе ртутьорганических соединений.

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

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.**

Способы получения диборана. Аддукты борана с аминами, диметилсульфидом, эфирами. Региохимия гидроборирования алкенов. Тексилборан, дисиамилборан. Термические перегруппировки органоборанов. Гидроборирование диенов, синтез диолов. Гидроборирование алкинов, синтез альдегидов, алкенов, кетонов. Особенности гидроборирования под действием ВНЗ\*ТГФ. Влияние природы алкильной группы в замещенных алкенах на результат гидроборирования (стерический и электронный факторы). Восстановление карбонильной группы альдегидов, кетонов, амидов, карбоновых кислот под действием ВНЗ\*ТГФ. Качественная оценка реакционной способности ВНЗ\*ТГФ. 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**

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 СНХЗ и альфа-галогенкетон. Перегруппировки альфа-галогенорганоборанов (синтез спиртов). Реакция Сазоновой. Реакция Мияура-Сузуки (Miyaura-Suzuki). Особенности каталитического цикла с использованием соединений палладия.

### **Тема 10. Контрольная работа по методам синтеза триорганилборанов и их применению в органическом синтезе**

Триорганилбораны - особенности электронной и пространственной структуры, конфигурационная устойчивость. Устойчивость альфа-СН-радикалов в триорганилборанах. Ряды кислотности триорганилборанов. Синтез симметричных боранов. Синтез несимметричных боранов. Общие замечания по использованию триорганилборанов в органическом синтезе (промежуточное образование радикалов, электрофильная атака реагентом, альфа-С-В-фрагментов, миграция органической группы от четырехкоординированного бора к соседнему электрофильному центру, реакция кросс-сочетания с участием боранов). Протолиз триорганилборанов. Окисление триорганилборанов. Получение галогенидов с использованием триалкилборанов, механизм галогенирования (радикальный, ионный). Получение азот- и серосодержащих соединений. Синтез производных фосфора и ртути. Особенности образования связи углерод-углерод с использованием производных тетракоординированного бора. Сходства и отличия 1,2-миграций в производных бора и перегруппировки Вагнера-Мейервейна. Карбонилирование карбонилборанов, влияние добавок воды и боргидрида лития, метод "сшивание-заклепка". Реакция триорганилборанов с карбанионами. Особенности бромирования первичных и вторичных триорганилборанов. Реакция Сазоновой. Особенности химии аллилборанов. Механизм реакции Сузуки (окислительное присоединение, трансметаллирование и восстановительное элиминирование). Примеры фосфорных лигандов для палладиевого катализа.

### **Тема 11. Кремнийорганические соединения. Строение, получение, механизмы реакций, применение в органическом синтезе.**

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 Me<sub>3</sub>Si-X (X = I, OSO<sub>2</sub>CF<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. 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 12. Германий-, олово- и свинецорганические соединения. Получение, строение, применение в органическом синтезе.**



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. Индийорганические соединения в органическом синтезе.

### **Тема 13. Органические соединения серы. Получение, взаимопревращения, перегруппировки. Применение в органическом синтезе.**

Общие методы введения группы S-H в органические соединения (реакции серосодержащих соединений с алкилгалогенидами, магниорганический 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.

### **Тема 14. Соли сульфония и илиды серы.**

Получение солей сульфония и их реакции (бетта-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).

### **Тема 15. Основные типы органических соединений фосфора. Органические соединения фосфора в органическом синтезе.**

Основные типы органических соединений фосфора. Общие методы синтеза производных трех- и пятикоординированного атома фосфора. Реакция Виттига. Реакция Хорнера-Виттига. Реакция Хорнера-Водсворта-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 16. Контрольная работа. Сера-, фосфорорганические соединения**

Тема контрольной работы: Методы получения и химические свойства сера-, фосфорорганических соединений. Особое внимание уделено методам образования связи углерод-углерод, реакциям циклопропанирования, олефинирования (реакция Виттига, реакция Хорнера-Водсворта-Эммонса), органокатализу с использованием производных трехвалентного фосфора.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 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/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Курс лекций охватывает разделы элементоорганической химии непереходных элементов, таких как литий, магний, цинк, кадмий, ртуть, алюминий, олово, свинец, германий, индий, бор, кремний, фосфор и сера. Рассматриваются основные методы синтеза органических производных перечисленных элементов, особенности строения и реакционной способности, а также основные направления использования в органическом синтезе. Особое внимание в лекциях уделено современным каталитическим методам кросс-сочетания для создания связи углерод-углерод и особенностям использующихся для этого каталитических систем.



Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Целью самостоятельной работы студентов является овладение современными фундаментальными знаниями по химии элементоорганических соединений, находящейся на стыке органической и неорганической химии, профессиональными умениями и навыками деятельности по элементоорганическому синтезу и ключевым реакциям, опытом творческой, исследовательской деятельности по решению синтетических задач методами элементоорганической химии. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.
зачет	Целью зачета является окончательная оценка работы студента, которая складывается из систематических знаний по элементоорганической химии непереходных элементов, системы знаний о способах создания связей углерод-углерод, углерод-азот, углерод-кислород, углерод-сера, системы знаний об особенностях реакций кросс-сочетания с участием различных элементов, об особенностях катализа и каталитических циклов процессов кросс-сочетания.

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Лингафонный кабинет.

#### 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.03.01 "Химия" и профилю подготовки "не предусмотрено".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.16.05 Методы элементоорганической химии в  
органическом синтезе

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

1. Реутов, О.А. Органическая химия. В 4 ч. Часть 1 [Электронный ресурс] : учеб. / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. - 570 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94167>
2. Реутов, О.А. Органическая химия. В 4 ч. Часть 2 [Электронный ресурс] : учеб. / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. - 626 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94168>
3. Реутов, О.А. Органическая химия. В 4 ч. Часть 3 [Электронный ресурс] : учеб. / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. - Электрон. дан. - Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2017. - 547 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94166>
4. Реутов, О.А. Органическая химия : в 4 ч. Ч. 4 [Электронный ресурс] : учеб. / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин. ? Электрон. дан. ? Москва : Издательство 'Лаборатория знаний', 2016. - 729 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/84139>
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.
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.
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.

**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] : учебник / Ю.С. Шабаров. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 848 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4037>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.16.05 Методы элементоорганической химии в  
органическом синтезе

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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 обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.