

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«16» июня 2021 г. № 8

**Рабочая программа дисциплины**

**Химия элементоорганических соединений**

Уровень высшего образования

**Специалитет**

Направление подготовки / специальность

**04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»**

Направленность образовательной программы

**Неорганическая химия**

Форма обучения

**очная**

Нижний Новгород

2021 год

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

04 июня 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой А.Ю. Фёдоров

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 20\_\_-20\_\_ учебном году на заседании кафедры

---

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Химия элементоорганических соединений» относится к вариативной части Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (Б1.В.03.ДВ.03.01), является дисциплиной по выбору для освоения студентами очной формы обучения на четвертом году обучения в 8 семестре.

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Неорганическая химия», «Физика», «Математика», «Квантовая механика и квантовая химия», «Органическая химия». Дисциплина «Химия элементоорганических соединений» является основой для изучения таких областей знания как химия природных соединений, химия высокомолекулярных соединений.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<b>ПК-1-н.</b> Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области органической химии, и/или смежных с химией наук	<b>ПК-1-н-1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий <b>ПК-1-н-2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	<i>Знать</i> о главных задачах и объектах исследования элементоорганической химии и ее месте среди других химических наук; об особенностях химических связей и строении элементоорганических соединений. <i>Уметь</i> классифицировать элементоорганические соединения; составлять названия элементоорганических соединений; составлять структурные формулы элементоорганических соединений по их названиям; анализировать зависимость свойств элементоорганических соединений от положения элемента в Периодической системе. <i>Владеть навыками</i> составления названий элементоорганических соединений; составления структурных формул элементоорганических	Устный опрос, письменный опрос, экзамен

		соединений, схем и механизмов реакций.	
<b>ПК-2-н.</b> Способен проводить информационные исследования в области органической химии и/или смежных с химией науках	<b>ПК-2-н-1.</b> Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных <b>ПК-2-н-2.</b> Анализирует и обобщает результаты поиска по тематике проекта в области органической химии и/или смежных с химией науках	<i>Знать</i> о сходстве и различии элементоорганических соединений с органическими и неорганическими аналогами; о свойствах основных классов элементоорганических соединений, механизмах реакций; о принципах и приемах элементоорганического и органического синтеза. <i>Уметь</i> прогнозировать физические, и химические свойства элементоорганических соединений; описывать механизмы основных типов химических превращений с участием элементоорганических соединений; планировать синтез функциональных производных основных классов элементоорганических и органических соединений. <i>Владеть навыками</i> прогнозирования физических и химических свойств элементоорганических соединений; планирования синтеза элементоорганических и органических соединений	Устный опрос, письменный опрос, экзамен
<b>ПК-3-н.</b> Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области органической химии и/или смежных с химией науках	<b>ПК-3-н-1.</b> Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными <b>ПК-3-н-2.</b> Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	<i>Знать</i> методики моделирования в современных синтезах с использованием концепции «структура-свойства». <i>Уметь</i> реализовывать современный подход к синтезу новых элементоорганических и органических соединений. <i>Владеть</i> современными приемами тонкого органического синтеза с использованием элементоорганических соединений.	Устный опрос, письменный опрос, экзамен

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>5 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>36</b>
- занятия семинарского типа	<b>38</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>70</b>
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)			в том числе													
				Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы												Самостоятельная работа обучающегося, часы	
				из них													
	Очная	Очно-заочная	Заочная	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего			Очная	Очно-заочная	Заочная	Очная	Очно-заочная	Заочная		
Раздел 1. Введение. Основные понятия элементоорганической химии	18			4			4					8			10		
Раздел 2. Элементоорганические соединения непереходных элементов	55			14			16					30			25		
Раздел 3. Металлоорганические соединения переходных металлов	49			12			12					24			25		

Раздел 4. Элементоорганические соединения в каталитических процессах	22			6			6					12			10		
Промежуточная аттестация – Экзамен	36																
Итого	180			36			38					74			70		

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, устных и письменных опросов, групповых и индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в форме **экзамена**.

### Содержание разделов дисциплины

#### **1. Введение. Основные понятия элементоорганической химии**

Классификация элементоорганических соединений. Номенклатура элементоорганических соединений. Полярность и стабильность  $\sigma$ -связи в элементоорганических соединениях. Понятие о термодинамическом и кинетическом факторах стабильности элементоорганических соединений. Общая характеристика реакционной способности связи металл-углерод. Явление комплексообразования в химии элементоорганических соединений: комплексы ониевого и обратно-ониевого типов. Общие методы синтеза элементоорганических соединений.

#### **2. Элементоорганические соединения непереходных элементов**

Типы связи элементоорганических соединений непереходных элементов.

*Элементоорганические соединений 1 группы.* Литийорганические соединения. Строение и характер связи литийорганических соединений. Степень ассоциации литийорганических соединений в зависимости от природы растворителя. Синтез и химические свойства литийорганических соединений.

*Элементоорганические соединения 2 и 12 групп.* Магнийорганические соединения. Строение магнийорганических соединений, равновесие Шленка. Синтез и химические свойства магнийорганических соединений. Функционализированные магнийорганические соединения. Цинкорганические соединения. Строение, синтез и химические свойства цинкорганических соединений. Сравнение реакционной способности литий-, магний- и цинкорганических соединений. Ртутьорганические соединения. Строение, синтез и химические свойства ртутьорганических соединений.

*Элементоорганические соединений 13 группы.* Борорганические соединения. Строение, синтез и химические свойства борорганических соединений. Борсодержащие гетероциклы. Алюминийорганические соединения. Строение, синтез и химические свойства алюминийорганических соединений. Промышленное применение алюминийорганических соединений.

*Элементоорганические соединений 14 группы.* Кремнийорганические соединения. Строение, синтез и химические свойства кремнийорганических соединений. Соединения с кратными

связями кремний-углерод. Оловоорганические соединения. Строение, синтез и химические свойства оловоорганических соединений.

*Элементоорганические соединений 15 группы.* Сурьма- и висмуторганические соединения со степенью окисления III и V. Строение, синтез и химические свойства сурьма- и висмуторганических соединений.

### **3. Металлоорганические соединения переходных металлов**

Классификация комплексов переходных металлов в зависимости от типа лиганда. Правило 18 электронов. Геометрия комплексов переходных металлов. Типы связи металл-лиганд в комплексах переходных металлов.

*Алкильные, арильные, алкенильные, алкинильные и гидридные комплексы переходных металлов.*

Прочность связи металл-углерод в алкильных, арильных, алкенильных и алкинильных комплексах (термодинамическая и кинетическая стабильность). Синтез алкильных, арильных, алкенильных, алкинильных и гидридных комплексов. Химические свойства алкильных и гидридных комплексов.

*Карбонильные комплексы переходных металлов.* Классификация и тип связи карбонильных комплексов. Синтез и химические свойства карбонильных комплексов.

*Карбеновые комплексы переходных металлов.* Классификация и тип связи карбеновых комплексов. Синтез и химические свойства карбеновых комплексов.

*Карбиновые комплексы переходных металлов.* Классификация и тип связи карбиновых комплексов. Синтез и химические свойства карбиновых комплексов.

*Олефиновые комплексы переходных металлов.* Классификация, тип связи, стабильность олефиновых комплексов. Синтез и химические свойства олефиновых комплексов.

*Алкиновые комплексы переходных металлов.* Классификация, тип связи алкиновых комплексов. Синтез и химические свойства алкиновых комплексов.

*Аллильные комплексы переходных металлов.* Типы аллильных комплексов (гаптность лиганда). Тип связи  $\eta^3$ -аллильных комплексов. Синтез и химические свойства  $\eta^3$ -аллильных комплексов.

*Бутадиеновые комплексы переходных металлов.* Строение, синтез и химические свойства бутадиеновых комплексов.

*Циклобутадиеновые комплексы переходных металлов.* Строение, синтез и химические свойства циклобутадиеновых комплексов.

*Циклопентадиенильные комплексы переходных металлов.* Типы циклопентадиенильных комплексов (гаптность лиганда). Классификация  $\eta^5$ -циклопентадиенильных комплексов. Строение, синтез и химические свойства  $\eta^5$ -циклопентадиенильных комплексов.

*Ареновые комплексы переходных металлов.* Строение, синтез и химические свойства ареновых комплексов.

### **4. Элементоорганические соединения в каталитических процессах**

Основные понятия каталитических процессов. Гомогенный и гетерогенный катализ.

*Элементарные стадии каталитического цикла:* окислительное присоединение, восстановительное элиминирование, миграционное внедрение, элиминирование, нуклеофильная атака на координированный лиганд, электрофильная атака на координированный лиганд.

*Гидрирование алкенов.* Механизмы реакции гидрирования. Примеры катализаторов. Асимметрическое гидрирование алкенов.

*Окисление алкенов. Вакер-процесс. Окисление алкенов в присутствии спиртов и карбоновых кислот.*

*Изомеризация алкенов. Механизм реакции изомеризации.*

*Каталитическое карбонилирование. Карбонилирование метанола (механизм реакции). Гидроформилирование алкенов (механизм реакции). Гидроэтерификация алкенов и алкинов.*

*Метатезис алкенов и алкинов. Классификация реакций метатезиса. Типы катализаторов. Механизм реакции метатезиса.*

*Реакции кросс-сочетания. Классификация реакций кросс-сочетания. Механизмы реакций кросс-сочетания.*

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к устному и письменному опросам и экзамену.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Устный опрос;
- Письменный опрос «Элементоорганические соединения непереходных элементов»;
- Письменный опрос «Металлоорганические соединения переходных металлов».

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **экзамена**.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.

#### 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

##### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.



	обучающего от ответа						
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающего от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи . Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки  при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»

	Удовлетворительно	Все компетенции, на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний, умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- *устные ответы на вопросы при фронтальном опросе* на семинарских занятиях;
- *письменные ответы на вопросы при письменном опросе*;
- *собеседование на экзамене*.

### 5.2.1 Контрольные вопросы

#### *Перечень примерных вопросов для проведения устного опроса*

<b>Вопросы</b>	<b>Код формируемой компетенции</b>
1. Что представляют собой комплексы обратного-ониевого типа? 2. Каковы причины нестабильности $\sigma$ -связи углерод – непереходный элемент? 3. Какими особенностями обладает алкен, координированный на переходном металле по сравнению со свободным? 4. Для каких соединений реакция электрофильного замещения проходит легче, для металлоценов или для аренкарбонильных комплексов переходных металлов? 5. Атаке нуклеофила или электрофила подвергается карбеновый углерод в карбеновом комплексе Фишера? 6. Какими способами можно повысить стабильность алкильных комплексов переходных металлов? 7. Какова роль соли меди в реакции Соногаширы?	<b>ПК-1-н</b>
1. Какие элементы образуют электронодефицитные структуры? 2. В чем состоит явление двоевязанности в элементоорганических соединениях непереходных элементов? 3. Каковы ограничения реакции металлирования при взаимодействии элементоорганического соединения с С-Н-кислотой? 4. Какие Вы знаете промышленные процессы, где применяются металлоорганические соединения алюминия?	<b>ПК-2-н</b>

<p>5. Как осуществить синтез производных циклопропана посредством металлоорганических соединений ртути и цинка?</p> <p>6. Каковы механизмы замещения атома галогена в элементоорганических соединениях кремния и олова, содержащих связь элемент-галоген?</p> <p>7. Каково применение реакции гидроборирования?</p> <p>8. Как могут быть получены функционализированные реактивы Гриньяра?</p>	
<p>1. Какой продукт образуется при карбонилировании метанола в присутствии комплекса родия?</p> <p>2. Какие типы реакций метатезиса приводят к образованию полимеров?</p> <p>3. Как изменяется степень окисления металла при протекании реакций окислительного присоединения и восстановительного элиминирования?</p> <p>4. По какому механизму протекает реакция Хека?</p> <p>В чем преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа?</p>	<b>ПК-3-н</b>

***Перечень примерных вопросов для проведения экзамена:***

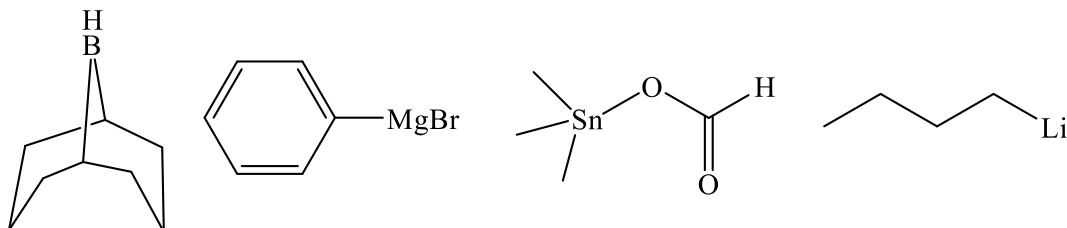
1. Типы связи элементоорганических соединений непереходных элементов. Стабильность связи элементоорганических соединений непереходных элементов.
2. Образование комплексов элементоорганическими соединениями.
3. Методы получения элементоорганических соединений непереходных элементов.
4. Строение и характер связи литийорганических соединений. Степень ассоциации литийорганических соединений в зависимости от природы растворителя. Синтез литийорганических соединений.
5. Химические свойства литийорганических соединений.
6. Строение магнийорганических соединений. Равновесие Шленка. Синтез магнийорганических соединений.
7. Функционализированные магнийорганические соединения (синтез и применение).
8. Химические свойства магнийорганических соединений.
9. Строение и синтез цинкорганических соединений.
10. Химические свойства цинкорганических соединений.
11. Сравнение реакционной способности литий- и магнийорганических соединений.
12. Строение и синтез ртутьорганических соединений.
13. Строение и синтез борорганических соединений. Борсодержащие гетероциклы.
14. Химические свойства борорганических соединений.
15. Строение и синтез алюминийорганических соединений.
16. Химические свойства алюминийорганических соединений.
17. Строение и синтез кремнийорганических соединений.
18. Химические свойства кремнийорганических соединений.
19. Строение и синтез оловоорганических соединений.
20. Химические свойства оловоорганических соединений.
21. Строение и синтез сурьма- и висмуторганических соединений.
22. Химические свойства сурьма- и висмуторганических соединений

23. Классификация комплексов переходных металлов в зависимости от типа лиганда. Правило 18 электронов. Геометрия комплексов переходных металлов.
24. Классификация карбонильных комплексов переходных металлов. Тип связи в карбонильных комплексах.
25. Синтез карбонильных комплексов переходных металлов. Гидроформилирование алкенов (механизм реакции).
26. Химические свойства карбонильных комплексов переходных металлов.
27. Синтез алкильных, арильных, алкенильных, алкинильных и гидридных комплексов переходных металлов.
28. Синтез карбеновых комплексов переходных металлов.
29. Химические свойства карбеновых комплексов переходных металлов.
30. Классификация карбеновых комплексов переходных металлов. Типы связи карбеновых комплексов переходных металлов.
31. Химические свойства олефиновых комплексов переходных металлов.
32. Тип связи и синтез  $\eta^3$ -аллильных комплексов переходных металлов.
33. Химические свойства  $\eta^3$ -аллильных комплексов переходных металлов.
34. Строение и синтез бутадиеновых комплексов переходных металлов.
35. Химические свойства бутадиеновых комплексов переходных металлов.
36. Строение и синтез циклобутадиеновых комплексов переходных металлов.
37. Химические свойства циклобутадиеновых комплексов переходных металлов.
38. Химические свойства  $\eta^5$ -циклопентадиенильных комплексов переходных металлов.
39. Строение и синтез ареновых комплексов переходных металлов.
40. Гидрирование алкенов. Механизмы реакции гидрирования. Примеры катализаторов. Асимметрическое гидрирование алкенов.
41. Окисление алкенов. Вакер-процесс. Окисление алкенов в присутствии спиртов и карбоновых кислот.
42. Карбонилирование метанола (механизм реакции).
43. Классификация реакций метатезиса алкенов. Типы катализаторов. Механизм реакции метатезиса алкенов.
44. Классификация реакций кросс-сочетания. Механизмы реакций кросс-сочетания.

### 5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1-н, ПК-2-н и ПК-3-н

#### Письменный опрос 1

1. Назовите соединения:



2. Что такое комплексы ониевого типа? Приведите примеры.

3. Получите *n*-бутиллитий по реакции окислительного присоединения. Напишите уравнения реакций *n*-бутиллития с: а) водой, в) ацетоном, г) углекислым газом, д) кислородом.
4. Реакция гидроборирования и ее применение. Напишите какие продукты образуются в реакции 1-метилциклопентена с диметилбораном при последующем действии: а) пероксида водорода.
5. Получите этиловый эфир 3-кето-2-этилмасляной кислоты по реакции Реформатского.
6. Запишите механизм реакции восстановления пропаналя под действием триэтилстаннана в присутствии азобисизобутиронитрила.

### **Письменный опрос 2**

1. Охарактеризуйте  $\pi$ -связь переходный металл – алкен на примере комплекса  $(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{PtC}_2\text{H}_4$ .
2. Запишите окисление циклобутадиетрикабонилжелеза солями церия IV с последующим действием бутена-2 и дифенилацетилена.
3. Как взаимодействует 4-хлорпиридин с пара-метоксифенилмагний бромидом в присутствии хлорида никеля? Предложите механизм реакции.
4. Запишите примеры реакции электрофильного замещения в ферроцене с механизмом.
5. Какие продукты получаются при взаимодействии бутена-2 с водой или уксусной кислотой в присутствии  $\text{PdCl}_2$ .
6. Запишите взаимодействие 4-метилпентена-1 с  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$  в присутствии октакарбонилдикобальта.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Основная литература:**

1. Эльшенбройх, К. Металлоорганическая химия [Электронный ресурс] / К. Эльшенбройх ; пер. с нем. - 2-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 746 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=478047>.
2. Реутов, О.А. Органическая химия [Текст]: В 4 ч.: Ч.: 4: Учебное пособие для вузов / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин - М.: Бином, 2013. - 458 с.
3. Смит, В.А. Основы современного органического синтеза [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Смит, А. Д. Дильман. - 4-е изд. (эл.) - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 753 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=541053>.

### **6.2. Дополнительная литература:**

1. Реутов, О.А. Органическая химия [Текст]: В 4 ч.: Ч.: 1: Учебное пособие для вузов / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин - М.: Бином, 2013. - 567 с.
2. Реутов, О.А. Органическая химия [Текст]: В 4 ч.: Ч.: 2: Учебное пособие для вузов / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин - М.: Бином, 2013. - 623 с.
3. Реутов, О.А. Органическая химия [Текст]: В 4 ч.: Ч.: 3: Учебное пособие для вузов / О.А. Реутов, А.Л. Курц, К.П. Бутин - М.: Бином, 2013. - 544 с.
4. Романовский, Б.В. Основы катализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б.В. Романовский. - Эл. изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 175 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=539570>.
5. Сибаров, Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы. [Электронный ресурс] / Д.А. Сибаров, Д.А. Смирнова. - СПб.: Лань, 2016. - 200 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/87592>.

6. Денисов, В.Я. Стереохимия органических соединений. [Электронный ресурс] / В.Я. Денисов, Д.Л. Мурышкин, Т.Н. Грищенко. - Электрон. дан. - Кемерово: КемГУ, 2013. - 228 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/44325>.

### 6.3. Интернет-ресурсы:

<https://scifinder.cas.org>

<https://www.reaxys.com>

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, 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) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой также 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.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: видеопроектор, ноутбук, экран для демонстраций, доска.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ. Приказ ННГУ от 13.05.2020г. № 275-ОД «О введении в действие образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»

Автор Малышева Ю.Б.

Рецензент Скатова А.А.

Заведующий кафедрой Федоров А.Ю.