

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 № 6 от 31.05.2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
Химия элементоорганических соединений

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы  
Аналитическая химия и экология

---

Форма обучения  
очная, очно-заочная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.01.01 Химия элементоорганических соединений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.	ПК-1-н.1: Знать о главных задачах и объектах исследования элементоорганической химии и ее месте среди других химических наук; об особенностях химических связей и строении элементоорганических соединений. Уметь 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. Владеть навыками составления названий элементоорганических соединений; составления структурных формул элементоорганических соединений, схем и механизмов реакций.	Контрольная работа	Экзамен: Контрольные вопросы

<p><i>ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</i></p>	<p><i>ПК-2-н.1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.</i></p>	<p><i>ПК-2-н.1: Знать 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. Уметь 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. Владеть навыками прогнозирования физических и химических свойств элементоорганических соединений; планирования синтеза элементоорганических и органических соединений соединений.</i></p>	<p><i>Контрольная работа</i></p>	<p><i>Экзамен: Контрольные вопросы</i></p>
<p><i>ПК-3-н: Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</i></p>	<p><i>ПК-3-н.1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.</i></p>	<p><i>ПК-3-н.1: Знать методики моделирования в современных синтезах с использованием концепции «структура-свойства». Уметь реализовывать современный подход к синтезу новых элементоорганических и органических соединений. Владеть современными приемами тонкого органического синтеза с использованием элементоорганических соединений.</i></p>	<p><i>Контрольная работа</i></p>	<p><i>Экзамен: Контрольные вопросы</i></p>



КСР	2	2					2	2		
Итого	144	144	36	18	36	18	74	38	34	70

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

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-" (-).
- открытый онлайн-курс МООС "-" (-).

Иные учебно-методические материалы: -

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

##### 5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

##### 5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Что представляют собой комплексы обратно-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?

##### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Какие элементы образуют электронодефицитные структуры?
2. В чем состоит явление двосвязанности в элементоорганических соединениях непереходных элементов?
3. Каковы ограничения реакции металлизации при взаимодействии элементоорганического соединения с С-Н-кислотой?
4. Какие Вы знаете промышленные процессы, где применяются металлоорганические соединения алюминия?
5. Как осуществить синтез производных циклопропана посредством металлоорганических соединений ртути и цинка?
6. Каковы механизмы замещения атома галогена в элементоорганических соединениях кремния и олова, содержащих связь элемент-галоген?
7. Каково применение реакции гидроборирования?
8. Как могут быть получены функционализированные реактивы Гриньяра?

##### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Какой продукт образуется при карбонилировании метанола в присутствии комплекса

- родия?
2. Какие типы реакций метатезиса приводят к образованию полимеров?
  3. Как изменяется степень окисления металла при протекании реакций окислительного присоединения и восстановительного элиминирования?
  4. По какому механизму протекает реакция Хека?
  5. В чем преимущества и недостатки гомогенного и гетерогенного катализа?

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень формирования компетенций (индикатора достижения 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 обучающегося от ответа	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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося 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 отдельным и несущественными 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 базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося 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 оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

#### 5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

##### Оценочное средство - Контрольные вопросы

##### Экзамен

##### Критерии оценивания (Контрольные вопросы - Экзамен)

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.



Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения и базовые навыки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие знаний, умений и навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н (Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)**

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.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н (Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)**

1. Строение и синтез алюминийорганических соединений.
2. Химические свойства алюминийорганических соединений.
3. Строение и синтез кремнийорганических соединений.
4. Химические свойства кремнийорганических соединений.

5. Строение и синтез оловоорганических соединений.
6. Химические свойства оловоорганических соединений.
7. Строение и синтез сурьма- и висмуторганических соединений.
8. Химические свойства сурьма- и висмуторганических соединений
9. Классификация комплексов переходных металлов в зависимости от типа лиганда.  
Правило 18 электронов. Геометрия комплексов переходных металлов.
10. Классификация карбонильных комплексов переходных металлов. Тип связи в карбонильных комплексах.
11. Синтез карбонильных комплексов переходных металлов. Гидроформилирование алкенов (механизм реакции).
12. Химические свойства карбонильных комплексов переходных металлов.
13. Синтез алкильных, арильных, алкенильных, алкинильных и гидридных комплексов переходных металлов.
14. Синтез карбеновых комплексов переходных металлов.
15. Химические свойства карбеновых комплексов переходных металлов.
16. Классификация карбеновых комплексов переходных металлов. Типы связи карбеновых комплексов переходных металлов.
17. Химические свойства олефиновых комплексов переходных металлов.
18. Тип связи и синтез  $\eta^3$ -аллильных комплексов переходных металлов.

**Типовые задания (Контрольные вопросы - Экзамен) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н** (Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

1. Химические свойства  $\eta^3$ -аллильных комплексов переходных металлов.
2. Строение и синтез бутадиеновых комплексов переходных металлов.
3. Химические свойства бутадиеновых комплексов переходных металлов.
4. Строение и синтез циклобутадиеновых комплексов переходных металлов.
5. Химические свойства циклобутадиеновых комплексов переходных металлов.
6. Химические свойства  $\eta^5$ -циклопентадиенильных комплексов переходных металлов.
7. Строение и синтез ареновых комплексов переходных металлов.
8. Гидрирование алкенов. Механизмы реакции гидрирования. Примеры катализаторов. Асимметрическое гидрирование алкенов.
9. Окисление алкенов. Вакер-процесс. Окисление алкенов в присутствии спиртов и карбоновых кислот.
10. Карбонилирование метанола (механизм реакции).
11. Классификация реакций метатезиса алкенов. Типы катализаторов. Механизм реакции метатезиса алкенов.
12. Классификация реакций кросс-сочетания. Механизмы реакций кросс-сочетания.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Эльшенбройх К. Металлоорганическая химия : учебник / Эльшенбройх К. - Москва :

Лаборатория знаний, 2021. - 749 с. - ISBN 978-5-93208-543-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=838076&idb=0>.

2. Реутов Олег Александрович. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Бином.

Лаборатория знаний, 2004-. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). Органическая химия. Ч. 4. - 2004. - 726 с. : ил. - ISBN 5-94774-113-X (Ч. 3). - ISBN 5-94774-109-1 : 198.00., 32 экз.

3. Смит Вильям Артурович. Основы современного органического синтеза : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности ВПО 020101.65 - химия. - М. : Бином.

Лаборатория знаний, 2012. - 750 с. : ил. - (Химия). - ISBN 978-5-94774-941-0 : 506.00., 2 экз.

#### Дополнительная литература:

1. Реутов Олег Александрович. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Бином.

Лаборатория знаний, 2004-. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). Органическая химия. Ч. 1. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2005. - 567 с. : ил. - ISBN 5-94774-110-5 (Ч. 1). - ISBN 5-94774-109-1 : 207.00., 31 экз.

2. Реутов Олег Александрович. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Бином.

Лаборатория знаний, 2004-. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). Органическая химия. Ч. 2. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2004. - 623 с. : ил. - ISBN 5-94774-111-3 (Ч. 2). - ISBN 5-94774-109-1 : 207.00., 31 экз.

3. Реутов Олег Александрович. Органическая химия : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению и специальности "Химия" : в 4 ч. / МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Бином.

Лаборатория знаний, 2004-. - (Классический университетский учебник / ред. совет: В. А. Садовничий (пред.) [и др.]). Органическая химия. Ч. 3. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2004. - 544 с. : ил. - ISBN 5-94774-112-1 (Ч. 3). - ISBN 5-94774-109-1 : 198.00., 29 экз.

4. Сибаров Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы / Сибаров Д. А., Смирнова Д. А. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 200 с. - Книга из коллекции Лань - Химия. - ISBN 978-5-8114-2158-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=800310&idb=0>.

5. Денисов В. Я. Стереохимия органических соединений / Денисов В. Я., Мурышкин Д. Л., Грищенко Т. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Кемерово : КемГУ, 2013. - 228 с. - Рекомендовано Советом по химии УМО по классическому университетскому образованию Российской Федерации в качестве учебного пособия для химических факультетов университетов. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции КемГУ - Химия. - ISBN 978-5-8353-1526-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=694486&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://scifinder.cas.org>

#### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

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 ННГУ по направлению 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Малышева Юлия Борисовна, кандидат химических наук.

Заведующий кафедрой: Федоров Алексей Юрьевич, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.