

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 президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Избранные главы химии металлоорганических соединений переходных  
элементов

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы  
Органическая химия, нефтехимия и полимеры. Синтез и дизайн

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.03.01 Избранные главы химии металлоорганических соединений переходных элементов 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: Планирует индивидуальную работу в рамках проводимого исследования по общему плану НИР ПК-1-н.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	ПК-1-н.1: Уметь составлять общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, предлагать методы исследования и способы обработки результатов, проводить исследования по согласованному с руководителем плану, самостоятельно оценить результаты своей деятельности. Знать цели и задачи научных исследований по направлению деятельности, базовые принципы и методы их организации; основные источники научной информации и требования к представлению информационных материалов. Владеть систематическими знаниями по направлению деятельности; углубленными знаниями по выбранной направленности подготовки, базовыми навыками проведения научно-исследовательских работ по предложенной теме.  ПК-1-н.2: Уметь реализовывать современный подход к синтезу	Реферат	Зачёт: Контрольные вопросы

		<p>новых органических и элементоорганических соединений. Знать методики моделирования в современных синтезах с использованием концепции «структура-свойства». Владеть классическими и современными методиками исследований; навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований.</p>		
<p>ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках</p>	<p>ПК-2-н.1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.</p> <p>ПК-2-н.2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска о тематике проекта в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией науках.</p> <p>ПК-2-н.3: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.</p> <p>ПК-2-н.4: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.</p>	<p>ПК-2-н.1:</p> <p>Уметь пользоваться учебной, научной, научно-популярной и справочной литературой, информационными базами данных, сетью Интернет для профессиональной деятельности; Знать основные информационные базы данных, используемые в данной области; Владеть навыками работы в специализированных базах данных, навыками поиска информации по патентоспособным объектам интеллектуальной собственности, самостоятельной работы с научной и справочной литературой.</p> <p>ПК-2-н.2:</p> <p>Уметь интерпретировать результаты информационного поиска, отбирать соответствующую тематике исследования информацию. Знать взаимосвязь между строением и свойствами органических соединений, предсказывать свойства молекулы исходя из её строения, планировать синтез целевых соединений, знать основные физические и химические законы в применении к планированию опыта, прогнозированию и</p>	<p>Задания</p>	<p>Зачёт: Реферат Контрольные вопросы</p>

		<p>объяснению свойств получаемых соединений, организации эксперимента. Владеть экспериментальными методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов; методиками анализа полученных результатов эксперимента.</p> <p>ПК-2-н.3: Владеть навыками составления схем синтеза органических соединений с учётом соблюдения норм техники безопасности. Знать об основах планирования крупномасштабного производства органических и элементоорганических соединений</p> <p>ПК-2-н.4: Уметь составлять план производства важнейших представителей органических и элементоорганических соединений в индустриальном масштабе. Владеть навыками составления планов синтеза органических и элементоорганических соединений в промышленном масштабе.</p>		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	36
- КСР	1
<b>самостоятельная работа</b>	<b>35</b>

Промежуточная аттестация	0 Зачёт
--------------------------	------------

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Введение. Основные этапы развития химии металлоорганических соединений.	9	3	3	6	3
Карбонильные соединения переходных металлов.	9	3	3	6	3
Ареновые производные.	9	3	3	6	3
Циклопентадиенильные производные переходных металлов.	9	3	3	6	3
Циклопентадиенилнитрозилов металлов.	9	3	3	6	3
Олефиновые комплексы.	9	3	3	6	3
Металлоорганические соединения переходных металлов с алкинами.	9	3	3	6	3
Карбеновые комплексы переходных металлов.	9	3	3	6	3
Аллильные комплексы переходных металлов.	8	3	3	6	2
Металлоорганические соединения переходных металлов с освязиями металл-углерод.	9	3	3	6	3
Металлоорганический катализ в органическом синтезе и производстве.	9	3	3	6	3
Метатезис алкенов. Олигомеризация олефинов.	9	3	3	6	3
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	36	36	73	35

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Общий анализ строения координационной сферы комплексов металлоорганических соединений переходных элементов. Типы реализуемых связей. Классификация типов металлоорганических соединений по лигандам, участвующим в их формировании. Основные направления применения металлоорганических соединений переходных элементов в промышленном коммерческом крупнотоннажном синтезе и в лабораторной практике. Механизмы реакций, реализуемых в координационной сфере металлоорганических соединений переходных элементов

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

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "нет" (нет).

## **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 - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н:**

1. Строение и природа связывания в аллильных комплексах переходных металлов. Методы получения.
2. Влияние лигандного окружения на строение циклопентадиенильных комплексов переходных металлов.
3. Основные принципы катализа на элементоорганических и координационных соединениях переходных металлов.
4. Реакции кросс-сочетания. Роль соединений переходных металлов.
5. Диаграммы молекулярных орбиталей ареновых комплексов переходных металлов.

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Реферат написан в соответствии с предъявляемыми требованиями, продемонстрирован творческий подход, тема раскрыта полностью. Защита показала владение информацией по теме реферата в полном объеме. Получены исчерпывающие ответы на дополнительные вопросы.
отлично	Реферат написан в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с несущественным недочетами.
очень хорошо	Реферат написан в соответствии с предъявляемыми требованиями, основные разделы по теме реферата раскрыты, но имеется несколько несущественных ошибок. Защита показала владение информацией по теме реферата. Получены ответы на дополнительные вопросы с недочетами.
хорошо	Реферат написан в соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при защите реферата с некоторыми недочетами. Даны неполные ответы на

Оценка	Критерии оценивания
	дополнительные вопросы.
удовлетворительно	Реферат написан с существенными отклонениями от предъявляемых требований, тема реферата раскрыта частично. Допущено много негрубых ошибок при защите реферата и при ответе на дополнительные вопросы.
неудовлетворительно	При написании реферата не выполнены предъявляемые требования, тема реферата не раскрыта. Защита показала отсутствие понимания материала. Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. Не получены ответы на дополнительные вопросы
плохо	Содержание реферата не соответствует теме, предъявляемые требования не соблюдены. Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие владения материалом при защите реферата. Отказ обучающегося от ответа на дополнительные вопросы. Или реферат не предоставлен.

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

1. Найти основные типы катализаторов, используемых в реакциях метатезиса олефинов.
2. Произвести поиск основных способов введения карбоксильной группы в координированное бензольное кольцо бис-аренхрома.
3. Найти основные области применения олефиновых комплексов переходных металлов.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Найдено верное решение поставленной задачи.
не зачтено	Найдено неверное решение или ответы не представлены.

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

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

ения компет							
<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 отдельными 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	<b>превосходно</b>	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 с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Карбонильные соединения переходных металлов. Различные типы карбонильных комплексов металлов. Важнейшие методы получения карбониллов металлов. Связывание при образовании связи М-СО.
2. Циклопентадиенильные производные переходных металлов. Бис-циклопентадиенилы. Строение, свойства.
3. Бис(бензол)хром. Бис-ареновые производные. Методы синтеза.
4. Циклопентадиенил-карбонилы металлов. Методы получения. Терминальные и мостиковые карбонильные лиганды. +
5. Найти среди предложенных структур примеры агостического взаимодействия.

#### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Найти примеры трансформации  $\eta^2$ -алкиновых комплексов в  $\eta^3$ -аллильные и карбиновые комплексы.
2. Приведите примеры стереохимической нежесткости карбонильных комплексов металлов
3. Сравните особенности получения, свойства и возможности применения полипропиленов, получаемых некаталитическими и различными каталитическими методами.
4. Сравните каталитическую активность плоско-квадратных, тетраэдрических и октаэдрических комплексов никеля в реакциях гидрирования олефинов.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно».
не	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	

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

Основная литература:

1. Эльшенбройх Кристоф. Металлоорганическая химия = Organometallchemie / пер. с нем. Ю. Ф. Опруненко и Д. С. Перекалина. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2011. - 746 с. : ил. - (Химия). - ISBN 978-5-9963-0203-1 : 728.00., 3 экз.
2. Химия металлоорганических соединений / под ред. Г. Цейса ; пер. с англ. Э. Г. Быховской [и др.] ; под ред. И. Л. Кнунянца. - М. : Мир, 1964. - 631 с. : ил. - 2.80., 2 экз.
3. Посон Питер Л. Химия металлоорганических соединений / пер. с англ. Г. А. Артамкиной ; под ред. И. П. Белецкой. - М. : Мир, 1970. - 238 с. : с черт. - 1.24., 20 экз.

Дополнительная литература:

1. Ionel Haiduc. Organometallic Chemistry : Fundamentals and Applications. - De Gruyter, 2022. - 1 online resource. - ISBN 9783110695274. - ISBN 9783110695267. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=857399&idb=0>.

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

не используются

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

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

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 подготовки 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Куропатов Вячеслав Александрович, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Федоров Алексей Юрьевич, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.09.2023 г., протокол № 1.