

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**

Избранные главы химии металлоорганических соединений переходных  
элементов

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы  
Органическая и медицинская химия

---

Форма обучения  
очная, очно-заочная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.03 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 информационно-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	Экзамен: 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 по тематике проекта в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией науках.</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>Экзамен: Контрольные вопросы</p>

		объяснению свойств получаемых соединений, организации эксперимента. Владеть экспериментальными методами математического планирования экспериментов и обработки полученных результатов; методиками анализа полученных результатов эксперимента.		
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	ПК-3-н-1: Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными. ПК-3-н-2: Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.	ПК-3-н-1: Владеть навыками составления схем синтеза органических соединений с учётом соблюдения норм техники безопасности. Знать об основах планирования крупномасштабного производства органических и элементоорганических соединений.  ПК-3-н-2: 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.	Индивидуальное устное собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
в том числе		
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>		
- занятия лекционного типа	32	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32	32
- КСР	2	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>60</b>	<b>78</b>

<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>54</b> <b>экзамен</b>	<b>36</b> <b>экзамен</b>
---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

### 3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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 з ф	о ф	о з ф	о ф	о з ф	о ф	о з ф	о ф	о з ф	
Введение. Основные этапы развития химии металлоорганических соединений.	4	6	2	2			2	2	2	4	
Карбонильные соединения переходных металлов.	10	13	2	2	2	2	4	4	6	9	
Ареновые производные.	14	17	4	4	4	4	8	8	6	9	
Циклопентадиенильные производные переходных металлов.	13	14	4	4	4	4	8	8	5	6	
Циклопентадиенилнитрозилы металлов.	11	12	2	2	4	4	6	6	5	6	
Олефиновые комплексы.	9	10	2	2	2	2	4	4	5	6	
Металлоорганические соединения переходных металлов с алкинами.	14	16	4	4	4	4	8	8	6	8	
Карбеновые комплексы переходных металлов.	9	10	2	2	2	2	4	4	5	6	
Аллильные комплексы переходных металлов.	9	10	2	2	2	2	4	4	5	6	
Металлоорганические соединения переходных металлов с σ-связями металл-углерод.	9	10	2	2	2	2	4	4	5	6	
Металлоорганический катализ в органическом синтезе и производстве.	13	14	4	4	4	4	8	8	5	6	
Метатезис алкенов. Олигомеризация олефинов.	9	10	2	2	2	2	4	4	5	6	
Аттестация	54	36									
КСР	2	2							2	2	
Итого	180	180	32	32	32	32	66	66	60	78	

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 16 ч., очно-заочная форма обучения - 16 ч.

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

Литературные источники.

#### 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.
6. 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. Продemonстрированы базовые навыки при защите реферата с некоторыми недочетами. Даны неполные ответы на 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.

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Предложите варианты использования продуктов, получаемых в результате темплатного синтеза в координационной сфере переходных металлов.
2. Предложите варианты направленного формирования координационной сферы металла (виды лигандов и их взаимное расположение) для получения молекулярных магнетиков.
3. Оцените перспективы синтетического получения углеводородных видов топлива в современных условиях.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Индивидуальное устное собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Проявлено умение использовать полученные знания для генерации продуктивных идей в предложенном направлении исследований.
не зачтено	Знаний недостаточно для принятия верных решений о перспективности направления или возможности применения результатов исследования.

### 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				

компет ений)							
<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	Минимальн о допустимы й уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответству ющем программе подготовки . Допущено несколько несуществе нных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответств ующем программе подготовк и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающе м 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	Продемонс трированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонс трированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонс трированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонс трированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несушеств енными недочетам и, выполнен ы все задания в полном объеме	Продемонстр ированы 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 минимальн ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	Продемонс трированы базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	Продемонс трированы базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	Продемонс трированы навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартны х 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

#### 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	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.
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
удовлетворительно	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»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**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. 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.

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

## **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. Рохов Юджин Дж. Химия металлоорганических соединений / пер. с англ. Э. Г. Быховской [и др.], под ред. И. Л. Кнунянца. - М. : Изд-во иностр. лит., 1963. - 359 с. : черт. - 1.80., 2 экз.
4. 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.
5. Коттон Ф. Современная неорганическая химия. Ч. 3 : Химия переходных элементов / пер. с англ. М. Н. Варгафтика ; под ред. М. Е. Дяткиной. - М. : Мир, 1969. - 592 с. : ил. - 1.39., 14 экз.

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

Не используется

## **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): Куропатов Вячеслав Александрович, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Федоров Алексей Юрьевич, доктор химических наук.

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