

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 координационных соединений

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
04.04.01 - Химия

---

Направленность образовательной программы  
Химия высокомолекулярных соединений

---

Форма обучения  
очная, очно-заочная

---

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.02 Химия координационных 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-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: Уметь искать и анализировать данные по реакционной способности и спектральным характеристикам координационных соединений; уметь объяснять наблюдаемые закономерности свойств координационных соединений на основе знаний о строении координационных соединений; уметь предсказывать реакционную способность (реакции замещения, окислительно-восстановительные реакции) на основании строения координационных соединений. Знать основные характеристики и типы координационных соединений и лигандов, используемых для их синтеза; основные законы физической химии, позволяющие определять физико-химические характеристики координационных соединений из экспериментальных данных ЭПР, ЯМР, ИК, УФ-спектроскопий; Знать основы теории групп и применения их для определения характеристик координационных соединений.	Реферат	Экзамен: Контрольные вопросы

		<p><i>Владеть методиками обработки экспериментальных данных.</i></p> <p><i>Владеть практическими навыками по определению координационных чисел, полиэдра координационных соединений и оценке реакционной способности.</i></p> <p><i>ПК-3-н.2:</i></p> <p><i>Уметь оценивать результаты полученные в ходе анализа литературных данных и сопоставлять с практическими результатами в ходе выполнения собственных исследований</i></p> <p><i>Знать методы управления реакционной способностью координационных соединений</i></p> <p><i>Владеть практическими навыками по установлению кинетической и термодинамической устойчивости координационных соединений</i></p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>	<b>очно-заочная</b>
<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	<b>18</b>	<b>18</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>18</b>	<b>18</b>
- КСР	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>106</b>	<b>106</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</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	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	
Тема 1. Виды изомерии и номенклатура координационных соединений	16	16	2	2	2	2	4	4	12	12	
Тема 2. Строение координационных соединений. Теория кристаллического поля. Физические свойства координационных соединений	46	46	6	6	6	6	12	12	34	34	
Тема 3. Строение координационных соединений. Метод молекулярных орбиталей. Теория изолабальности	32	32	4	4	4	4	8	8	24	24	
Тема 4. Реакционная способность координационных соединений. Реакции замещения в координационных соединениях.	16	16	2	2	2	2	4	4	12	12	
Тема 5. Реакционная способность координационных соединений. Окислительно-восстановительные реакции координационных соединений	16	16	2	2	2	2	4	4	12	12	
Тема 6. Применение координационных соединений. Координационные соединения в супрамолекулярной химии	16	16	2	2	2	2	4	4	12	12	
Аттестация	36	36									
КСР	2	2						2	2		
Итого	180	180	18	18	18	18	38	38	106	106	

#### 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 - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-3-н

1. Определение геометрического полиэдра в пятикоординационных комплексах Sb на основании кристаллографических данных
2. Молекулярные тетраэдры и использование их в катализе.
3. Магнитные свойства комплексов Co с редокс-активными лигандами.
4. Использование катехоламидных лигандов для экстракции тяжелых металлов.
5. Редокс-активация комплексов Cu (II) в катализе.

6. Определение спектральных характеристик люминесцентных комплексов на примере фталоцианиновых комплексов Zn(II).
7. Применение ЯМР-спектроскопии для изучения парамагнитных комплексов.
8. Использование координационных комплексов лантоноидов в современных излучающих устройствах.
9. Синтез и молекулярная динамика геликатных структур на основе комплексов Ga(III).

### 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. соответствии с основными требованиями, тема реферата раскрыта с некоторыми недочетами. 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.

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

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности 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 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	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 профессиональной деятельности.
отлично	Высокий уровень владения материалом. Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Правильно выполнены все задания. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами. Проявлены отличные способности применять знания и умения к выполнению конкретных задач. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач профессиональной деятельности 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 профессиональной деятельности. 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. Правильно выполнена большая часть заданий, допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи профессиональной деятельности с негрубыми

Оценка	Критерии оценивания
	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 ошибки. Продемонстрированы основные умения, решены типовые профессиональные 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. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения при решении стандартных задач профессиональной деятельности.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Отсутствие минимальных умений. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить полноту знаний и наличие навыков и умений вследствие отказа обучающегося от ответа.

**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)

Теоретические дополнительные вопросы:



1. Координационное число, координационный полиэдр и геометрия комплексов.
2. Изомерия координационных соединений (геометрическая, оптическая, гидратная, ионизационная, солевая, координационная, полимеризационная, редокс-изомерия)
3. Метод молекулярных орбиталей (МО). Основные соотношения в приближении Малликена-Вольфсберга-Гельмгольца (МВГ). Групповые орбитали и их нахождение с использованием теории групп.
4. Кинетические аспекты в химии координационных соединений. Инертные и лабильные комплексы. Механизмы химических превращений комплексов. Транс-влияние..
5. Метод валентных связей в приложении к координационным соединениям. Гибридизация. Правило Сиджвика и его приложение.
6. Многоэлектронные состояния. Энергетические термы (схема Рассела-Саундерса). Отнесение состояний к определенным термам. Параметры Рака. Диаграммы Танабе-Сугано.
7. Корреляция между методами ТКП и МО. Расщепление в кристаллическом поле в рамках метода МО. Влияние  $\pi$ -связывания на величину  $\Delta$ . Какие электроны обуславливают связь в молекуле комплекса

Дополнительные вопросы практического характера:

1. Предложите синтез цис- и транс-[Pt(NH<sub>3</sub>)Cl<sub>2</sub>(NO<sub>2</sub>)]- из [PtCl<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>. Объясните разницу между выбранными Вами стратегиями синтеза.
2. Какая из реакций будет протекать быстрее и почему?  

$$[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{3-} + 18\text{NO}_2^- \rightarrow [\text{Co}(\text{NO}_2)_5(18\text{NO}_2)]^{3-} + \text{NO}_2^-$$

$$[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{4-} + 18\text{NO}_2^- \rightarrow [\text{Co}(\text{NO}_2)_5(18\text{NO}_2)]^{4-} + \text{NO}_2^-$$
3. Для каких комплексов ионов из следующего списка будет наблюдаться эффект Яна-Теллера? Ответ поясните: Cr (II), Cr (III), Ni (III), Mn (III), Co(III), Ti(III), Ti(IV), Cu(II), Ag(I), Zn(II)
4. Объясните, почему комплекс [Ni(CN)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup> является диамагнитным, а [NiCl<sub>4</sub>]<sup>2-</sup> парамагнитным? Какое строение имеют данные частицы? Оцените значение эффективного магнитного момента для [NiCl<sub>4</sub>]<sup>2-</sup> считая, что она является чисто спиновой.
5. Инертными или лабильными являются следующие комплексные частицы в реакции замещения лиганда (на воду) в водной среде: а) [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup>; б) [Mn(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>; в) [Ru(py)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>; г) [Cr(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>; д) [Ca(edta)]<sup>2-</sup>. Ответ поясните.
6. Парамагнитным или диамагнитным является соединение V(CO)<sub>6</sub>?

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

Основная литература:

1. Кукушкин Юрий Николаевич. Химия координационных соединений : [учеб. пособие для хим. и хим.-технол. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1985. - 455 с. : ил. - 1.50., 2 экз.
2. Общая и неорганическая химия : учебник для вузов : в 2 т. - М. : Академкнига, 2007-. Общая и неорганическая химия. Т. 2 : Химические свойства неорганических веществ / под ред. А. Ф. Воробьева. - 2007. - 544 с. : ил. - ISBN 5-94628-256-5 : 353.70., 2 экз.
3. Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность. Т. 1 : учебник / Бертини И.; Грей Г.; Стифель Э.; Валентине Дж. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 506 с. - ISBN 978-5-93208-504-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=838071&idb=0>.
4. Дамаскин Борис Борисович. Электрохимия : учеб. по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия". - 2-е изд., испр. и перераб. - М. : Химия : КолосС, 2006. - 672 с. :

ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-98109-011-1 (Химия) : 363.20., 117 экз.

5. 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>.

Дополнительная литература:

1. Современная химия координационных соединений / под ред. Дж. Льюиса Р. Уилкинса ; под ред. Я. К. Сыркина ; пер. с англ. М. Е. Дяткиной . - М. : Изд. иностр. лит., 1963. - 445 с. : ил. - 2.80., 1 экз.

2. Будников Г. К. Электрохимия полиядерных кластерных и гетеровалентных соединений. - Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1989. - 92, [2] с. : ил. - ISBN 5-7464-0418-7 : 1.00., 1 экз.

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

<http://elibrary.ru>.

<http://link.springer.com>.

<http://www.sciencedirect.com>.

<http://pubs.acs.org>.

<http://pubs.rsc.org>.

<http://www.uspkhim.ru>.

<http://webbook.nist.gov>.

<http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>.

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 ВО) 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 (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): Арсеньев Максим Вячеславович, кандидат химических наук.

Рецензент(ы): Пискунов Александр Владимирович, доктор химических наук.

Заведующий кафедрой: Маркин Алексей Владимирович, доктор химических наук.

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