

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

*Факультет физико-математических и естественных наук*

Рекомендовано МССН  
по направлению

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины**

**ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Рекомендуется для направления подготовки**

**04.04.01 «ХИМИЯ»**

**Направленность программы (профиль)**

**«ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»**

## 1. Цели и задачи дисциплины:

Целью курса «Химия координационных соединений» является усвоение фундаментальных знаний в области современной координационной химии, систематизация представлений об образовании химической связи, методах синтеза, исследования состава, структуры и физико-химических свойств координационных соединений.

В ходе освоения дисциплины обучающиеся получают современные представления о координационных соединениях, о взаимосвязи строения и реакционной способности, а также области их возможного применения; осваивают методики, необходимые для проведения научного исследования; готовятся к научно-исследовательской работе в области координационной химии; приобретают профессиональные умения и навыки самостоятельной научно-исследовательской и поисковой работы; учатся критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Химия координационных соединений» относится к вариативной части блока 1 (Модуль 2 «Неорганическая химия») учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
Универсальные компетенции			
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки		Актуальные задачи современной химии Резонансные методы в химии Электрохимические методы исследования Рентгendifракционные методы в неорганической химии Физические методы исследования веществ и материалов Физико-химический анализ Методика преподавания химии в вузе Применение ПО в неорганическом эксперименте Термоаналитические методы в химии Химия твердого тела Бионеорганическая химия НИР Преддипломная практика
Профессиональные компетенции			
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках		Резонансные методы в химии Электрохимические методы исследования Рентгendifракционные методы в неорганической химии Физические методы исследования веществ и материалов Физико-химический анализ Методика преподавания химии в вузе

		Применение ПО в неорганическом эксперименте Термоаналитические методы в химии Химия твердого тела Бионеорганическая химия НИР Преддипломная практика
М-ПК-2-н Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук		Резонансные методы в химии Электрохимические методы исследования Рентгендифракционные методы в неорганической химии Физические методы исследования веществ и материалов Физико-химический анализ Методика преподавания химии в вузе Применение ПО в неорганическом эксперименте Термоаналитические методы в химии Химия твердого тела Бионеорганическая химия НИР Преддипломная практика

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

#### Формируемые компетенции

Компетенции	Название компетенции	Составляющие компетенции
УК-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), оптимально их использует для успешного выполнения порученного задания. УК-6.2. Определяет приоритеты профессионального роста и способы совершенствования собственной деятельности на основе самооценки по выбранным критериям; УК-6.3. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию, используя инструменты непрерывного образования, с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности и динамично изменяющихся требований рынка труда
М-ПК-1-н	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	М-ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий, М-ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов
М-ПК-2-н	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	М-ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных М-ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

- терминологию химии координационных соединений;
- современное состояние теории химической связи;
- закономерности устойчивости координационных соединений в зависимости от природы металла и лиганда.

**Уметь:**

- ориентироваться в современной координационной химии, понимать основные проблемы, решаемые этой наукой;
- критически использовать и развивать теоретические основы традиционных и новых разделов координационной и супрамолекулярной химии.

**Владеть:**

- основными методами исследования строения и свойств координационных соединений, используя современную аппаратуру.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		I			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>			
В том числе:					
<i>Лекции</i>	36	36			
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>72</b>	<b>72</b>			
Общая трудоемкость	час	<b>108</b>	<b>108</b>		
	зач. ед.	<b>3</b>	<b>3</b>		

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Основы координационной теории.	1.1. Координационные и комплексные соединения. Основные понятия и определения. Терминология химии координационных соединений. Номенклатура комплексов и координационных соединений. Лиганды. 1.2. Стереохимия координационных соединений. Пространственная интерпретация координационных чисел. Факторы, влияющие на строение координационных

		<p>полиэдров. Факторы, способствующие искажению правильных координационных многогранников.</p> <p>1.3.Изомерия координационных соединений. Типы изомерии. Геометрическое строение внутренней сферы комплексов. Геометрическая. Оптическая изомерия и конформационная изомерия. Координационная изомерия и полимерия. Изомерия связи. Сольватная изомерия. Аллогональная изомерия. Ионизационная изомерия.</p>
2.	Электронное строение координационных соединений. Модели химической связи в координационных соединениях.	<p>2.1 Электронная структура атомов переходных металлов. Ионно-ковалентные и электростатические представления. Концепция эффективного атомного номера. Теория отталкивания электронных пар валентной оболочки соединений.</p> <p>2.2 Метод валентных связей. Гибридизация атомных орбиталей.. Внешнеорбитальные и внутриорбитальные комплексы. Магнитные свойства координационных соединений свете теории валентных связей. Достоинства и недостатки метода валентных связей.</p> <p>2.3. Теория кристаллического поля (ТКП). Основные положения. Способы расщепления d-уровней комплексообразователя в полях различной симметрии. Параметр расщепления. Высоко- и низкоспиновые конфигурации. Энергия стабилизации полем лигандов. Объяснение спектральных и магнитных свойств координационных соединений. Ряд Ирвинга – Вильямса. Электронные спектры координационных соединений. Параметры Рака. Диаграммы Танабе-Сугано. Структурные и термодинамические эффекты при расщеплении уровней. Эффекты Яна-Теллера. Недостатки теории кристаллического поля.</p> <p>2.4. Теория поля лигандов. Диаграммы энергетических уровней молекулярных орбиталей для октаэдрического комплекса с центральным атомом d-элемента и лигандами, не имеющими <math>\pi</math>-орбиалей. Влияние <math>\pi</math>-связывания на параметры <math>\Delta_0</math>. Нефелоксетический эффект. Спектрохимический ряд лигандов.</p> <p>2.5. Магнитные и оптические свойства. Низкоспиновые и высокоспиновые комплексы. Сопоставление теории кристаллического поля и теории поля лигандов.</p>
3.	Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.	<p>Взаимное влияние лигандов. Понятие о трансвлиянии. Закономерность трансвлияния И.И.Черняева. Механизмы трансвлияния. Качественная и количественная характеристики трансвлияния. Цис-влияние лигандов Эффекты взаимного влияния и рентгеноэлектронная спектроскопия.</p>
4.	Реакционная способность координационных соединений.	<p>4.1. Понятие и критерии устойчивости координационных соединений. Природа комплексообразователя. Природа лигандов. Хелатный эффект. Макроциклический и криптатный эффекты.</p> <p>4.2. Кислотно-основные свойства комплексных соединений. Концепция кислот и оснований Льюиса. Теория жестких и мягких кислот и оснований.</p>

		4.3. Окислительно-восстановительные свойства координационных соединений. Типы окислительно-восстановительных превращений координационных соединений. Внутрисферный и внешнесферный механизмы. Реакции окислительного присоединения и восстановительного элиминирования. Стабилизация необычных степеней при координации.
5.	Кинетика реакций комплексообразования.	Механизмы реакций замещения для комплексов. Механизмы нуклеофильного замещения лигандов $S_{N1}$ и $S_{N2}$ . Интермедиаты и переходные состояния. Лабильные и инертные координационные соединения. Стехиометрический механизм. Классификация механизмов реакций замещения в координационных соединениях.
6.	Исследование комплексообразования в растворах.	Функции, характеризующие комплексообразование в растворах. Функция образования и кривая образования. Экспериментальные методы исследования равновесий в растворах комплексных соединений.
7.	Синтез и применение координационных соединений.	7.1. Стратегия синтеза координационных соединений. Прямые и косвенные пути синтеза. Примеры синтеза координационных соединений. 7.2. Прикладные аспекты применения.

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	Основы координационной теории.	4				9	13
2.	Электронное строение координационных соединений. Модели химической связи в координационных соединениях.	4				9	13
3.	Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.	4				9	13
4.	Реакционная способность координационных соединений.	4				9	13
5.	Кинетика реакций комплексообразования.	6				7	13
6.	Исследование комплексообразования в растворах.	7				14	21
7.	Синтез и применение координационных соединений.	7				15	22
	Всего	36				72	108

## 6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено учебным планом.

## 7. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- Лекционная аудитория с мультимедийным проектором; лаборатория (ауд. 614) с наборами лабораторной посуды, реактивов и приборов для проведения лабораторных работ; компьютеры для проведения вычислений и обработки результатов и доступа к информационным системам.
- Рентгеновские дифрактометры: ДРОН-7, Rigaku "ULTIMA IV" (ЦКП ФХИ).
- ЯМР-спектрометр JNM-ECA600 (ЦКП ФХИ).
- ИК-фурье спектрометр BRUKER "MPA" (ЦКП ФХИ).
- Спектрофотометр Varian "Cary 50".

## 9. Информационное обеспечение дисциплины

### а) программное обеспечение

пакет программ MS Office (Microsoft Word, Excel, Power Point)

### б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

<http://www.chem.msu.su>

<http://www.chemport.ru>

<http://sci-lib.com/>

<http://www.acadsoft.co.uk>

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

### а) основная литература

1. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Изд-во Юрайт, 2019. — 439 с.— ISBN 978-5-534-02960-4.

<https://biblio-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-1-434590>

2. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 2. : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Изд-во Юрайт, 2019. — 229 с. — ISBN 978-5-534-02962-8.

<https://biblio-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2-434591>

3. Кукушкин, Ю.Н. Химия координационных соединений: Учебное пособие / М. : Высшая школа, 1985. - 455 с. : ил. - 1.50.

### б) дополнительная литература

1. Молодкин, А.К. Химия переходных элементов: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / М. : Изд-во РУДН, 2007. - 365 с. : ил. - ISBN 978-5-209-02710-2 : 200.00.

<http://lib.rudn.ru/MegaPro2/Web/SearchResult/ToPage/1>

2. Неудачина, Л. К. Химия координационных соединений : учеб. пособие для академического бакалавриата / Москва : Изд-во Юрайт, 2019 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 123 с. — ISBN 978-5-534-10882-8 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-7996-1297-9 (Изд-во Урал. ун-та).

<https://biblio-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-432198>

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Необходимым условием освоения данного курса является обязательное посещение лекций, обязательное выполнение заданий преподавателя. Для оценки знаний студентов применяется балльно-рейтинговая система.

Для проверки усвоения теоретических знаний материала, изученного при выполнении курса, студенты выполняют письменные контрольные работы. Лист с контрольной работой должен быть подписан: ФИО студента, специальность, курс, группа. Контрольные работы

выполняются чернилами черного, синего или фиолетового цвета. В каждой контрольной работе обязательно указывается дата проведения, номер контрольной работы и номер варианта. Условие каждой задачи необходимо записывать полностью.

## **12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Химия координационных соединений» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

### **Разработчики:**

доцент кафедры неорганической химии

Н.У. Венковский

### **Руководитель программы**

профессор,  
кафедры органической химии

Варламов А. В.

**Заведующий кафедрой**  
неорганической химии

В.Н. Хрусталеv