

*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**

**04.06.01 «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

## 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 в соответствии с требованиями государственного стандарта химического образования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Химия координационных соединений» относится к вариативной части блока 1 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 (группы дисциплин)
<b>Универсальные компетенции</b>			
1.	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	История и философия науки Методология научных исследований Приоритетные направления развития химии	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)
<b>Профессиональные компетенции</b>			
2.	владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области химии, владение культурой научного исследования в области химии (ПК-1)	Методология научных исследований Приоритетные направления развития химии	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1, ПК-1.

В результате изучения дисциплины аспирант 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	Курс обучения			
		I	II	III	IV
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	60		60		
В том числе:	-		-	-	-
<i>Лекции</i>	40		40		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>					
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	20		20		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	48		68		
Общая трудоемкость	час	108	108		
	зач. ед.	3	3		

### 5. Содержание дисциплины

#### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Основы координационной теории.	Основные понятия и определения. Номенклатура комплексов и координационных соединений. Стереохимия координационных соединений. Изомерия координационных соединений.
2.	Электронное строение координационных соединений. Модели химической связи в координационных соединениях.	2.1 Метод валентных связей. Гибридизация атомных орбиталей. Внешнеорбитальные и внутриорбитальные комплексы. Магнитные свойства координационных соединений в свете теории валентных связей. Достоинства и недостатки метода валентных связей. 2.2. Теория кристаллического поля (ТКП). Способы расщепления d-уровней комплексообразователя в полях различной симметрии. Энергия стабилизации полем лигандов. Спектральные и магнитные свойства координационных соединений. Ряд Ирвинга – Вильямса.

		<p>Параметры Рака. Диаграммы Танабе-Сугано. Структурные и термодинамические эффекты при расщеплении уровней. Эффекты Яна-Теллера.</p> <p>2.3. Теория поля лигандов. Диаграммы энергетических уровней молекулярных орбиталей для октаэдрического комплекса с центральным атомом d-элемента и лигандами, не имеющими <math>\pi</math>-орбиталей. Влияние <math>\pi</math>-связывания на параметры <math>\Delta_0</math>.</p>
3.	Реакционная способность координационных соединений.	<p>3.1. Понятие и критерии устойчивости координационных соединений. Хелатный эффект. Макроциклический и криптатный эффекты.</p> <p>3.2. Кислотно-основные свойства комплексных соединений. Концепция кислот и оснований Льюиса. Теория жестких и мягких кислот и оснований.</p> <p>3.3. Окислительно-восстановительные свойства координационных соединений. Типы окислительно-восстановительных превращений координационных соединений. Внутрисферный и внешнесферный механизмы. Стабилизация необычных степеней при координации.</p>
4.	Кинетика реакций комплексообразования.	Механизмы реакций замещения для комплексов. Механизмы нуклеофильного замещения лигандов $S_{N1}$ и $S_{N2}$ . Интермедиаты и переходные состояния. Лабильные и инертные комплексы. Стехиометрический механизм.
5.	Соединения со связями металл-металл и кластерные соединения.	Кратные связи металл-металл. Классификация кластеров по их нуклеарности и геометрии. Строение кластеров и изолобальные аналогии. Методы получения кластеров. Реакционная способность: замещения и ферментации, протонирования, лигандные превращения.
6.	Синтез и применение координационных соединений.	Стратегия синтеза координационных соединений. Прямые и косвенные пути синтеза. Прикладные аспекты применения координационных соединений.

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	Раздел 1. Основы координационной теории.	4		8	
2.	Раздел 2. Электронное строение координационных соединений. Модели химической связи в координационных соединениях.	12	4	8	
3.	Раздел 3. Реакционная способность координационных соединений.	10	4	8	
4.	Раздел 4. Кинетика реакций комплексообразования.	6	2	8	
5.	Раздел 5. Соединения со связями металл-металл и кластерные соединения.	4	4	8	
6.	Раздел 6. Синтез и применение координационных соединений.	4	6	8	
	<b>ИТОГО</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>48</b>	<b>108</b>

## 6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	2	Структурные термодинамические эффекты при расщеплении уроней. Эффект Яна-Теллера.	2
2.	2	Диаграммы энергетических уровней молекулярных орбиталей для октаэдрического комплекса. $\pi$ -донорные и $\pi$ -акцепторные лиганды.	2
3.	3	Концепция ЖМКО.	2
4.	3	Типы окислительно-восстановительных превращений координационных соединений. Стабилизация необычных степеней при координации.	2
5.	4	Механизмы реакций замещения для комплексных соединений с к.ч. 4 или 6. Диссоциативный, ассоциативный и обменный механизмы.	2
6.	5	Соединения с кратными связями металл-металл.	2
7.	5	Кластеры. Устойчивость и реакционная способность. Кластерные материалы.	2
8.	6	Реакции и методы синтеза координационных соединений.	2
9.	6	Синтез супрамолекулярных соединений.	2
10.	6	Координационные соединения в новых технологиях.	2
<b>ИТОГО</b>			<b>20</b>

## 7. Практические занятия (семинары) не предусмотрены учебным планом

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийная аудитория или учебная аудитория с возможностью использования проектора и компьютерной техники для занятий по представлению презентационных материалов обучающимися. Компьютерные (дисплейные) классы с доступом к сети Интернет и электронно-образовательной среде Университета для проведения обучающимися самостоятельной работы и проведения компьютерного тестирования обучающихся (при необходимости).

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Москва, ул. Орджоникидзе, 3, корп. 1 Учебная химическая лаборатория для проведения групповых занятий лекционного, семинарского и лабораторного типа, индивидуальных консультаций, самостоятельной работы: ауд. 614	Комплект специализированной мебели, доска меловая; специализированное оборудование химической лаборатории, химическая посуда, химические реактивы, ноутбук, имеется wi-fi	Программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions (EES) № 56278518 от 23.04.2019 (продлевается ежегодно, программе присваивается новый номер)

## 9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

- ОС Windows, MS Office (программа корпоративного лицензирования (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions), браузер Firefox (лицензия MPL-2.0) или браузер Chrome (лицензия Google Chrome Terms of Service); Adobe Reader (Adobe Software License Agreement).

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

Учебно-научный информационный библиотечный центр РУДН	<a href="http://lib.rudn.ru/">http://lib.rudn.ru/</a>
ЭБС РУДН	<a href="http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web">http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web</a>
ЭБС "Университетская библиотека ONLINE"	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>
Телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС) РУДН	<a href="http://esystem.pfur.ru/course/view.php?id=998">http://esystem.pfur.ru/course/view.php?id=998</a>
Портал фундаментального химического образования России	<a href="http://www.chemnet.ru">http://www.chemnet.ru</a>
Научная электронная библиотека eLibrary.ru	<a href="http://www.elibrary.ru/defaultx.asp">http://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Химическая энциклопедия	<a href="http://www.chemport.ru">http://www.chemport.ru</a>
ХуМуК: сайт о химии для химиков	<a href="http://www.xumuk.ru">www.xumuk.ru</a>
Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:	<a href="http://www.webofscience.com">www.webofscience.com</a> <a href="http://www.scopus.com/">http://www.scopus.com/</a>
IOPSCIENCE IOP Publishing	<a href="http://iopscience.iop.org/journals?type=archive">http://iopscience.iop.org/journals?type=archive</a>
Mendeley	<a href="http://www.mendeley.com/">http://www.mendeley.com/</a>
Nature	<a href="http://www.nature.com/siteindex/index.html">http://www.nature.com/siteindex/index.html</a>
Reaxys, Reaxys Medicinal Chemistry	<a href="https://www.reaxys.com/">https://www.reaxys.com/</a>
RSC, журналы Королевского химического общества (Royal Society of Chemistry),	<a href="http://pubs.rsc.org/">http://pubs.rsc.org/</a>
ScienceDirect (ESD), «FreedomCollection», ИД "Elsevier"	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>
SciFinder-n	<a href="https://scifinder-n.cas.org/">https://scifinder-n.cas.org/</a>
SPRINGER	<a href="https://rd.springer.com/">https://rd.springer.com/</a>
Wiley Online Library	<a href="http://www.wileyonlinelibrary.com">www.wileyonlinelibrary.com</a>
Академия Google	<a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

№	Наименование	Наличие в библиотеке	Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>			
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.		<a href="https://bibli-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-1-434590">https://bibli-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-1-434590</a>
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.		<a href="https://bibli-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2-434591">https://bibli-online.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2-434591</a>
3	Кукушкин, Ю.Н. Химия координационных соединений: Учебное пособие / М. : Высшая школа, 1985. - 455 с. : ил. - 1.50.	20	

<b>Дополнительная литература</b>			
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.	62	<a href="http://lib.rudn.ru/MegaPro2/Web/SearchResult/ToPage/1">http://lib.rudn.ru/MegaPro2/Web/SearchResult/ToPage/1</a>
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).	1	<a href="https://biblionline.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-432198">https://biblionline.ru/book/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-432198</a>

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

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение обучающимися рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к семинарским занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к промежуточному контролю.

В рамках учебного плана посещение занятий и работа на них являются обязательными.

Пропущенные занятия должны быть отработаны.

Внеаудиторная самостоятельная работа аспиранта включает:

- Изучение материала по учебнику, учебным пособиям.
- Работу в информационно-образовательной среде с доступными базами данных по методике преподавания.
- Подготовку домашних заданий.
- Подготовку реферата на выбранную тему.

### **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

Заведующий кафедрой  
неорганической химии



В.Н. Хрусталеv