

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования –  
первый проректор  
\_\_\_\_\_ Хагуров Г.А.  
«27» \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.03 ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Направление подготовки	04.03.01 Химия
Направленность (профиль)	Неорганическая химия и химия координационных соединений
Форма обучения	очная
Квалификация	бакалавр

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 04.03.01 Химия (уровень бакалавриата).

Программу составил Офлиди А.И., канд. хим. наук



Рабочая программа дисциплины ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ утверждена на заседании кафедры общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии протокол № 9 «21» апреля 2022 г.  
Заведующий кафедрой

Волынкин В.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий протокол № 7 от «25» апреля 2022 г.  
Председатель УМК факультета

Беспалов А.В.



Рецензенты:

Фролов В.Ю., канд. хим. наук, директор ООО «Ланэс».

Доценко В.В., д-р хим. наук, заведующий кафедрой органической химии и технологий ФГБОУ ВО «КубГУ».

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)**

### **1.1 Цель освоения дисциплины**

Формирование современных представлений о координационных соединениях, методиках их синтеза, очистки и идентификации; основных физико-химических методах исследования строения и свойств координационных соединений, раскрытие причинно-следственных связей между составом, строением, свойствами и применением комплексных соединений.

### **1.2 Задачи дисциплины**

- освоение и применение основных понятий химии координационных соединений, теорий строения, термодинамических и кинетических аспектов реакций комплексообразования, физико-химических методов исследования строения и свойств комплексов и практического использования координационных соединений и их свойств в профессиональной сфере;

- приобретение необходимых навыков для постановки, проведения и интерпретации результатов экспериментальной работы по химии координационных соединений; использования современных физико-химических подходов, приемов и методов для изучения особенностей протекания реакций комплексных частиц;

- формирование умений самостоятельно применять, пополнять и систематизировать полученные знания, устанавливать качественные и количественные зависимости свойств комплексов от их строения.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 04.03.01 «Химия». В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 2 курсе. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Данный курс опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: «Неорганическая химия», «Кристаллография».

Знания, приобретенные при освоении курса, могут быть использованы при решении различных задач по дисциплинам «Направленный синтез неорганических и координационных соединений», «Перспективные неорганические материалы со специальными функциями», «Химия твердого тела», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1. Способен осуществлять стандартные операции по предлагаемым методикам, направленные на получение и исследование различных соединений и материалов	
ИПК-1.1. Осуществляет стандартные операции по предлагаемым методикам, направленные на получение и исследование химических соединений различной природы и материалов на их основе	знает основные теории строения координационных соединений
	умеет использовать современные физико-химические подходы, приемы и методы для изучения особенностей протекания реакций комплексных частиц
	владеет основными методиками синтеза и исследования координационных соединений
ИПК-1.2. Выбирает оптимальные лабораторные методы получения и исследования химических соединений различной природы и материалов на их основе	знает теоретические аспекты синтеза и основы методов исследования координационных соединений
	умеет планировать химический эксперимент, формировать научный подход к выбору методов синтеза и исследования комплексных соединений
	владеет приемами выбора оптимальных условий и параметров для получения и исследования комплексных соединений
ПК-4. Способен прогнозировать свойства веществ и материалов в зависимости от химического строения и определять области их возможного применения	
ИПК-4.1. Прогнозирует свойства химических соединений и материалов на основе данных об их химическом строении	знает об использовании координационных соединений в различных областях человеческой жизни
	умеет использовать полученные знания для постановки, проведения и интерпретации результатов экспериментальной работы
	владеет навыками использования знаний и умений в области координационной химии в практической деятельности
ИПК-4.2. Определяет области возможного применения различных соединений и материалов в зависимости от их свойств	знает области возможного применения координационных соединений
	умеет использовать на практике теоретические знания для определения области применения координационных соединений
	владеет практическими приемами использования междисциплинарных знаний для определения области применения координационных соединений

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Форма обучения очная	
			3 семестр (часы)	4 семестр (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>		<b>124,4</b>	<b>72,2</b>	<b>52,2</b>
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		<b>118</b>	<b>68</b>	<b>50</b>
Занятия лекционного типа		50	34	16
Лабораторные занятия		68	34	34
практические занятия		-	-	-
семинарские занятия		-	-	-
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	4	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,4	0,2	0,2
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>		<b>55,6</b>	<b>35,8</b>	<b>19,8</b>
<i>Курсовая работа</i>		-	-	-
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>		28	18	10
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>		-	-	-
<i>Реферат</i>		-	-	-
Подготовка к текущему контролю		27,6	17,8	9,8
<b>Контроль:</b>				
Подготовка к экзамену		-	-	-
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>108</b>	<b>72</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>124,4</b>	<b>72,2</b>	<b>52,2</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

## 2.2 Содержание дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основные понятия химии координационных соединений	23	6	-	8	9
2.	Химическая связь в координационных соединениях	19	10	-	-	9
3.	Комплексообразователи и лиганды	35	10	-	16	9
4.	Термодинамика комплексообразования	26,8	8	-	10	8,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	103,8	34	-	34	35,8

	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	-				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 4 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
5.	Синтез и реакционная способность координационных соединений	26	4	-	16	6
6.	Физико-химические методы в координационной химии	26	6	-	14	6
7.	Прикладные аспекты химии координационных соединений	17,8	6	-	4	7,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	69,8	16	-	34	19,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю	-				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основные понятия химии координационных соединений	Краткая история развития химии координационных соединений. Общие сведения и понятия о координационных соединениях. Центральный атом – комплексобразователь, лиганды,	Устный опрос

		<p>внутренняя и внешняя координационные сферы. Степень окисления и координационное число центральных ионов. Дентатность лигандов. Классификация и правила номенклатуры координационных соединений. Детальные, полные и сокращенные формулы координационных соединений. Изомерия комплексных соединений: гидратная, ионизационная, координационная (в т.ч. координационная полимерия),</p>	
		<p>структурная, изомерия связи, геометрическая, оптическая и конформационная. Влияние типа изомерии координационного соединения на его физико-химические свойства.</p>	
2.	<p>Химическая связь в координационных соединениях</p>	<p>Модельные подходы к объяснению параметров химического связывания в координационных соединениях. Электростатический подход: модель мультипольных взаимодействий и концепция электронейтральности. Теория кристаллического поля. Объяснение спектральных и магнитных свойств комплексов. Проблема стабилизации состояний окисления комплексообразователей. Эффект Яна-Теллера. Метод валентных связей. Низко- и высокоспиновые комплексы. Внутри- и внешнеорбитальные комплексы. Теория поля лигандов как развитие теории кристаллического поля. Анализ возможностей и ограничений применения подходов к описанию химической связи в комплексных частицах.</p>	<p>Устный опрос</p>
3.	<p>Комплексообразователи и лиганды</p>	<p>Обзорный анализ комплексообразующих свойств химических элементов: значения координационных чисел, характерные лиганды, устойчивости и геометрия комплексов, наиболее адекватные модели строения комплексов. Общая классификация лигандов. Лиганды молекулярных комплексов: атомы, ионы, дигомо-, полигомо- и гетероядерные неорганические молекулы, органические соединения.</p>	<p>Устный опрос</p>

		<p>Амбидентатность лигандов. Хелатные лиганды, понятие о хелатном и полихелатном эффектах.</p> <p>Макроциклические лиганды, их классификация по Яцимирскому.</p> <p>Макроциклический эффект. Лиганды комплексов с многоцентровыми координационными связями. Лиганды ди- и полиядерных комплексов.</p> <p>Молекулы растворителей как лиганды сольваток комплексов.</p>	
4.	Термодинамика комплексообразования	<p>Термодинамические характеристики реакций комплексообразования, их взаимосвязь. Константы устойчивости координационных соединений.</p> <p>Расчеты равновесий комплексообразования. Основные факторы, влияющие на устойчивость комплексов. Ряд Ирвинга-Уильямса для изохорно-изозарядных ионов.</p> <p>Закономерности изменения последовательных констант устойчивости (статистическая и "химическая" компоненты, влияние природы лиганда, спинового состояния, гибридизации).</p> <p>Термодинамика хелатного, полихелатного и макроциклического эффектов. Влияние растворителя как среды и химического реагента на комплексообразование.</p>	Устный опрос
5.	Синтез и реакционная способность координационных соединений	<p>Стратегия синтеза координационных соединений. Прямые и косвенные пути синтеза. Термодинамически и кинетически контролируемые реакции синтеза. Примеры синтеза координационных соединений с монодентатными, хелатными и макроциклическими лигандами.</p> <p>Особенности синтеза полиядерных соединений. Темплатный синтез комплексных частиц. Методы синтеза, связанные с замораживанием равновесий комплексообразования.</p> <p>Окисление или восстановление доминирующего комплекса в системе комплексных частиц. Классификация реакций комплексных частиц.</p> <p>Формальная кинетика описания реакций. Понятие о кинетической устойчивости координационных</p>	Устный опрос



		соединений. Механизмы реакций замещения лигандов. Эффекты транс-влияния в квадратных и октаэдрических комплексах.	
6.	Физико-химические методы в координационной химии	Общая стратегия применения физико-химических методов в координационной химии. Дифракционные методы (рентгенография, электронография, нейтронография). Спектроскопические методы (ЯМР, ЭПР, ЯКР, КР, $\gamma$ -резонансная, абсорбционная в широком диапазоне длин волн (от УФ до радиочастотной и др.)). Электрохимические методы (потенциометрия, полярография). Экстракционные методы. Калориметрические методы, в т.ч. методы термического анализа. Исследования растворимости. Ионообменные методы. Компьютерное моделирование.	Устный опрос
7.	Прикладные аспекты химии координационных соединений	Координационные соединения в живых организмах. Понятие о биокоординационной химии. Биокомплексы и биокластеры. Биокомплексы с анионами неорганических кислот. Биокомплексы с аминокислотами и белками. Биокомплексы с порфиринами. Токсичность металлов: роль комплексообразования. Основные аспекты применения координационных соединений. Комплексные соединения платины как противоопухолевые препараты. Материалы на основе комплексных соединений: люминесцентные, магнитные, фотохромные и пр. Комплексы в гальванотехнике, аналитической химии и др. областях.	Устный опрос

### 2.3.2 Занятия семинарского типа практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

№	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	<b>Лаб. работа:</b> Общие свойства координационных соединений.	ЛР
2.	<b>Лаб. работа: Лаб. работа:</b> Координационные соединения s- и p-элементов.	ЛР
3.	<b>Лаб. работа:</b> Комплексные соединения d-элементов.	ЛР
4.	<b>Лаб. работа:</b> Комплексные соединений с различными типами лигандов.	ЛР
5.	<b>Лаб. работа:</b> Прочность комплексных соединений.	ЛР
6.	<b>Лаб. работа:</b> Определение термодинамических параметров реакций комплексообразования.	ЛР
7.	<b>Лаб. работа:</b> Методы синтеза координационных соединений.	ЛР
8.	<b>Лаб. работа:</b> Реакционная способность координационных соединений.	ЛР
9.	<b>Лаб. работа:</b> Цветность комплексных соединений.	ЛР
10.	<b>Лаб. работа:</b> Исследование комплексообразования методом потенциометрии.	ЛР
11.	<b>Лаб. работа:</b> Исследование комплексообразования методом электронной спектроскопии.	ЛР
12.	<b>Лаб. работа:</b> Применение комплексных соединений	ЛР

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы – не предусмотрены

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	1. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 1. : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю.М. Киселев. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 439 с. – (Серия: Бакалавр и магистр. Академический

		<p>курс). – ISBN 978-5-534-02960-4. – Режим доступа: <a href="https://biblio-online.ru/book/CA816A98-1F89-4B19-AAE0-7C7AE5C14DBF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-1">https://biblio-online.ru/book/CA816A98-1F89-4B19-AAE0-7C7AE5C14DBF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-1</a></p> <p>2. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 2. : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю.М. Киселев. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 229 с. – (Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02962-8. – Режим доступа: <a href="https://biblio-online.ru/book/29B623B4-9585-4AE3-B588-D309512FB4BF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2">https://biblio-online.ru/book/29B623B4-9585-4AE3-B588-D309512FB4BF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2</a></p> <p>3. Неудачина, Л. К. Химия координационных соединений : учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Н. В. Лакиза. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 123 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05861-1. — Режим доступа : <a href="http://www.biblio-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F">www.biblio-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F</a></p> <p>4. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.</p>
2.	Подготовка к текущему контролю	<p>1. Неудачина, Л. К. Химия координационных соединений : учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Н. В. Лакиза. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 123 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05861-1. — Режим доступа : <a href="http://www.biblio-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F">www.biblio-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F</a></p> <p>2. Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В. Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: метод проблемного изложения материала; самостоятельное чтение студентами учебно-методической и справочной литературы и последующей свободной дискуссии по освоенному ими материалу; использование, иллюстративных видеоматериалов с помощью мультимедийного оборудования. Технологии личностно-ориентированного обучения, позволяющие создавать индивидуальные образовательные технологии.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проблемная лекция, работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Химия координационных соединений».

Фонд оценочных средств включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме устного опроса и отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к зачету.

#### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИПК-1.1. Осуществляет стандартные операции по предлагаемым методикам, на направленные на получение и исследование	знает основные теории строения координационных соединений	Устный опрос	Вопрос на зачете
		умеет использовать современные физико-химические подходы,	Лабораторная работа	Вопрос на зачете

	химических соединений различной природы и материалов на их основе	приемы и методы для изучения особенностей протекания реакций комплексных частиц		
		владеет основными методиками синтеза и исследования координационных соединений	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
2	ИПК-1.2. Выбирает оптимальные лабораторные методы получения и исследования химических соединений различной природы и материалов на их основе	знает теоретические аспекты синтеза и основы методов исследования координационных соединений	Устный опрос	Вопрос на зачете
		умеет планировать химический эксперимент, формировать научный подход к выбору методов синтеза и исследования комплексных соединений	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
		владеет приемами выбора оптимальных условий и параметров для получения и исследования комплексных соединений	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
3	ИПК-4.1. Прогнозирует свойства химических соединений и материалов на основе данных об их химическом строении	знает об использовании координационных соединений в различных областях человеческой жизни	Устный опрос	Вопрос на зачете
		умеет использовать полученные знания для постановки, проведения и интерпретации результатов экспериментальной работы	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
		владеет навыками использования знаний и умений в области координационной химии в практической деятельности	Лабораторная работа	Вопрос на зачете
4	ИПК-4.2. Определяет области возможного применения различных соединений и материалов в зависимости от их свойств	знает области возможного применения координационных соединений	Устный опрос	Вопрос на зачете
		умеет использовать на практике теоретические знания для определения	Лабораторная работа	Вопрос на зачете

	области применения координационных соединений		
	владеет практическими приемами использования междисциплинарных знаний для определения области применения координационных соединений	Лабораторная работа	Вопрос на зачете

**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:**

### *Устный опрос*

**Компетенции проверяемые оценочным средством: ПК-1, ПК-4**

**Тема: «Основные понятия химии координационных соединений»**

1. Краткая история развития химии координационных соединений.
2. Общие сведения и понятия о координационных соединениях.
3. Центральный атом – комплексообразователь, лиганды, внутренняя и внешняя координационные сферы.
4. Степень окисления и координационное число центральных ионов.
5. Дентатность лигандов.
6. Классификация и правила номенклатуры координационных соединений.
7. Детальные, полные и сокращенные формулы координационных соединений.
8. Изомерия комплексных соединений: гидратная, ионизационная, координационная (в т.ч. координационная полимерия), структурная, изомерия связи, геометрическая, оптическая и конформационная.
9. Влияние типа изомерии координационного соединения на его физико-химические свойства.

**Тема: «Химическая связь в координационных соединениях»**

1. Модельные подходы к объяснению параметров химического связывания в координационных соединениях.
2. Электростатический подход: модель мультипольных взаимодействий и концепция электронейтральности.
3. Теория кристаллического поля.
4. Объяснение спектральных и магнитных свойств комплексов.
5. Проблема стабилизации состояний окисления комплексообразователей.
6. Эффект Яна-Теллера.
7. Метод валентных связей.
8. Низко- и высокоспиновые комплексы.

9. Внутри- и внешнеорбитальные комплексы.
10. Теория поля лигандов как развитие теории кристаллического поля.
11. Анализ возможностей и ограничений применения подходов к описанию химической связи в комплексных частицах.

### **Тема: «Комплексообразователи и лиганды»**

1. Обзорный анализ комплексообразующих свойств химических элементов: значения координационных чисел, характерные лиганды, устойчивости и геометрия комплексов, наиболее адекватные модели строения комплексов.
2. Общая классификация лигандов.
3. Лиганды молекулярных комплексов: атомы, ионы, дигомо-, полигомо- и гетероядерные неорганические молекулы, органические соединения.
4. Амбидентатность лигандов.
5. Хелатные лиганды, понятие о хелатном и полихелатном эффектах.
6. Макроциклические лиганды, их классификация по Яцимирскому.
7. Макроциклический эффект.
8. Лиганды комплексов с многоцентровыми координационными связями.
9. Лиганды ди- и полиядерных комплексов.
10. Молекулы растворителей как лиганды сольваток комплексов.

### **Тема: «Термодинамика комплексообразования»**

1. Термодинамические характеристики реакций комплексообразования, их взаимосвязь.
2. Константы устойчивости координационных соединений.
3. Расчеты равновесий комплексообразования.
4. Основные факторы, влияющие на устойчивость комплексов.
5. Ряд Ирвинга-Уильямса для изохорно-изозарядных ионов.
6. Закономерности изменения последовательных констант устойчивости (статистическая и "химическая" компоненты, влияние природы лиганда, спинового состояния, гибридизации).
7. Термодинамика хелатного, полихелатного и макроциклического эффектов.
8. Влияние растворителя как среды и химического реагента на комплексообразование.

### **Тема: «Синтез и реакционная способность координационных соединений»**

1. Стратегия синтеза координационных соединений.
2. Прямые и косвенные пути синтеза.
3. Термодинамически и кинетически контролируемые реакции синтеза.
4. Примеры синтеза координационных соединений с монодентатными, хелатными и макроциклическими лигандами.

5. Особенности синтеза полиядерных соединений.
6. Темплатный синтез комплексных частиц.
7. Методы синтеза, связанные с замораживанием равновесий комплексообразования.
8. Окисление или восстановление доминирующего комплекса в системе комплексных частиц.
9. Классификация реакций комплексных частиц.
10. Формальная кинетика описания реакций.
11. Понятие о кинетической устойчивости координационных соединений.
12. Механизмы реакций замещения лигандов.
13. Эффекты транс-влияния в квадратных и октаэдрических комплексах.

### **Тема: «Физико-химические методы в координационной химии»**

1. Общая стратегия применения физико-химических методов в координационной химии.
2. Дифракционные методы (рентгенография, электронография, нейтронография).
3. Спектроскопические методы (ЯМР, ЭПР, ЯКР, КР,  $\gamma$ -резонансная, абсорбционная в широком диапазоне длин волн (от УФ до радиочастотной и др.).
4. Электрохимические методы (потенциометрия, полярография).
5. Экстракционные методы.
6. Калориметрические методы, в т.ч. методы термического анализа.
7. Исследования растворимости.
8. Ионообменные методы.
9. Компьютерное моделирование.

### **Тема: «Прикладные аспекты химии координационных соединений»**

1. Координационные соединения в живых организмах.
2. Понятие о биокоординационной химии. Биоконплексы и биокластеры. Биоконплексы с анионами неорганических кислот. Биоконплексы с аминокислотами и белками. Биоконплексы с порфиринами.
3. Токсичность металлов: роль комплексообразования.
4. Основные аспекты применения координационных соединений.
5. Комплексные соединения платины как противоопухолевые препараты.
6. Материалы на основе комплексных соединений: люминесцентные, магнитные, фотохромные и пр.
7. Комплексы в гальванотехнике, аналитической химии и др. областях.



### Критерии оценки:

Критерии	Оценка	Уровень
1) полное раскрытие вопроса; 2) указание точных названий и определений; 3) правильная формулировка понятий и категорий; 4) самостоятельность ответа, умение вводить и использовать собственные классификации и квалификации, анализировать и делать собственные выводы по рассматриваемой теме; 5) использование дополнительной литературы и иных материалов и др.	«отлично»	повышенный (продвинутый) уровень
1) недостаточно полное, по мнению преподавателя, раскрытие темы; 2) несущественные ошибки в определении понятий и категорий и т. п., кардинально не меняющих суть изложения; 3) использование устаревшей учебной литературы и других источников.	«хорошо»	базовый уровень
1) ответ отражает общее направление изложения лекционного материала и материала современных учебников; 2) наличие достаточного количества несущественных или одной-двух существенных ошибок в определении понятий и категорий и т. п.; 3) использование устаревшей учебной литературы и других источников; 4) неспособность осветить проблематику учебной дисциплины и др.	«удовлетворительно»	пороговый уровень

### Отчеты по лабораторным работам

Компетенции проверяемые оценочным средством: ПК-1, ПК-4

### Перечень лабораторных работ

**Лаб. работа:** Общие свойства координационных соединений.

<b>Лаб. работа:</b> Координационные соединения s- и p-элементов.
<b>Лаб. работа:</b> Комплексные соединения d-элементов.
<b>Лаб. работа:</b> Комплексные соединений с различными типами лигандов.
<b>Лаб. работа:</b> Прочность комплексных соединений.
<b>Лаб. работа:</b> Определение термодинамических параметров реакций комплексообразования.
<b>Лаб. работа:</b> Методы синтеза координационных соединений.
<b>Лаб. работа:</b> Реакционная способность координационных соединений.
<b>Лаб. работа:</b> Цветность комплексных соединений.
<b>Лаб. работа:</b> Исследование комплексообразования методом потенциометрии.
<b>Лаб. работа:</b> Исследование комплексообразования методом электронной спектроскопии.
<b>Лаб. работа:</b> Применение комплексных соединений

### **Указания к составлению отчётов о выполнении работы**

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе следует заносить в рабочий журнал, отражающий всю работу студента. На обложке или на первой странице журнала должны быть написаны фамилия студента, его инициалы, номер группы и название практикума. Записи в журнале производят только чернилами, лаконично, аккуратно, непосредственно после проведения опыта. Запись должна содержать:

1. Дату выполнения работы.
2. Название темы и название опыта
3. Последовательность проведения операций опыта.
4. Описание условий проведения опыта.
5. Рисунок или схему используемого прибора.
6. Уравнения всех происходящих в опытах реакций.
7. Изменение окраски веществ, выделение и характер осадка.
8. Расчеты, проводимые при выполнении работы.

9. Ответы на поставленные в руководстве вопросы.

10. Выводы.

Критерии оценки

Критерии	Оценка	Уровень
Владение навыками планирования, прогнозирования и проведения химического эксперимента, безопасной работы в химической лаборатории; владение приемами разработки и реализации методов синтеза координационных соединений; владение техникой эксперимента, приемами измерения физических величин с заданной точностью; владение навыками работы на приборах, анализа и интерпретации полученных экспериментальных результатов.	зачтено	повышенный (продвинутый) уровень
Владение навыками проведения химического эксперимента, безопасной работы в химической лаборатории; владение методами синтеза координационных соединений; владение техникой эксперимента, приемами измерения физических величин с заданной точностью; владение навыками работы на приборах, анализа и интерпретации полученных экспериментальных результатов.	зачтено	базовый уровень
Отсутствие владения навыками химического эксперимента, безопасной работы в химической лаборатории; невладение методами синтеза координационных соединений; отсутствие владения техникой эксперимента, приемами измерения физических величин с заданной точностью; отсутствие владения навыками работы на приборах, анализа и интерпретации полученных экспериментальных результатов.	не зачтено	уровень не сформирован

**Зачетно-экзаменационные материалы  
для промежуточной аттестации (экзамен/зачет)**

**Вопросы для подготовки к зачету  
Компетенции проверяемые оценочным средством: ПК-1, ПК-4**

1. Основные понятия координационной теории.
2. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов.
3. Номенклатура комплексных соединений.
4. Изомерия комплексных соединений.
5. Природа химической связи в комплексных соединениях. Метод валентных связей для описания координационных соединений.
6. Теория кристаллического поля (ТКП). Расщепление *d*-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле.
7. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов.
8. Понятие о теории Яна-Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов.
9. Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома,  $\sigma$ - и  $\pi$ -донорные и акцепторные лиганды.
10. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений.
11. Комплексные соединения *s*- и *p*-элементов.
12. Комплексные соединения *d*-элементов.
13. Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды.
14. Комплексы с макроциклическими лигандами.
15. Полиядерные комплексы.
16. Механизмы реакций комплексных соединений.
17. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере.
18. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие.
19. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л.А.Чугаева.
20. Дифракционные методы исследования координационных соединений: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.
21. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области, колебательная спектроскопия (ИК- и комбинационного рассеяния), спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР, EXAFS-спектроскопия, спектроскопия циркулярного дихроизма.
22. Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.

23. Термогравиметрия и масс-спектрометрия комплексных соединений.

24. Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

Критерии оценивания по зачету:

Ответ оценивается **«зачтено»**, если студент:

полно раскрыл содержание материала в области, предусмотренной программой; изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно использовал терминологию; показал умения иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами из практики; продемонстрировал усвоение изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость знаний; отвечал самостоятельно без наводящих вопросов; возможны одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов.

Ответ оценивается **«незачтено»** в следующих случаях:

не раскрыто основное содержание учебного методического материала; обнаружено незнание и непонимание студентом большей или наиболее важной части дисциплины; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя; допускает ошибки в освещении основополагающих вопросов дисциплины.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий**

### **5.1 Учебная литература**

1. Неудачина, Л. К. Химия координационных соединений : учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Н. В. Лакиза. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 123 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05861-1. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F](http://www.biblio-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F) .

2. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю.М. Киселев. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 439 с. – (Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02960-4. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/CA816A98-1F89-4B19-AAE0-7C7AE5C14DBF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-1>

3. Киселев, Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 2: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Ю.М. Киселев. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 229 с. – (Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-02962-8. – Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/29B623B4-9585-4AE3-B588-D309512FB4BF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2>

### **5.2 Периодическая литература**

1. «Журнал неорганической химии».

2. «Журнал общей химии».

3. «Координационная химия».

4. «Химия и жизнь».

### **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

*Электронно-библиотечные системы (ЭБС):*

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН»  
<http://www.biblioclub.ru/>

3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

### ***Профессиональные базы данных***

1. Scopus <http://www.scopus.com/>
2. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
3. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
6. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
7. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
8. База данных CSD Кембриджского центра кристаллографических данных (CCDC) <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>
9. Springer Journals: <https://link.springer.com/>
10. Springer Journals Archive: <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals: <https://www.nature.com/>
12. Springer Nature Protocols and Methods: <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials: <http://materials.springer.com/>
14. Nano Database: <https://nano.nature.com/>
15. Springer eBooks (i.e. 2020 eBook collections): <https://link.springer.com/>
16. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
17. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

### ***Информационные справочные системы***

1. **Консультант Плюс** - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

### ***Ресурсы свободного доступа***

1. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;
2. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
4. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .

7. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
8. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
9. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
10. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
11. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
12. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy i otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

### ***Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ***

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>
2. Электронная библиотека трудов ученых КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>
3. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
4. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://infoneeds.kubsu.ru/>
5. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
6. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
7. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

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

Успешное изучение дисциплины «Химия координационных соединений» требует от студентов регулярного посещения лекций, а также активной работы на практических занятиях, выполнения и защиты лабораторных работ, ознакомления с основной и дополнительной рекомендуемой литературой.

При подготовке к лекционному занятию студентам рекомендуется:

- 1) просмотреть записи предыдущей лекции и восстановить в памяти ранее изученный материал;
- 2) бегло просмотреть материал предстоящей лекции, с целью лучшего усвоения нового материала;
- 3) самостоятельно проработать отдельные фрагменты темы прошлой лекции, если это необходимо.

При конспектировании лекционного материала студентам нужно стремиться кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения и формулировки, не пытаясь записать весь преподаваемый материал слово в слово.



При подготовке к лабораторному занятию рекомендуется:

1) внимательно изучить материал предстоящей работы и составить план ее выполнения;

2) уделить повышенное внимание экспериментальным особенностям предстоящей работы (используемым реактивам и оборудованию, а также технике работы с ними);

Выполнять лабораторную работу необходимо аккуратно и последовательно, отражая все ее основные этапы в лабораторном журнале. Для успешной защиты лабораторной работы необходимо тщательно изучить лекционный и, если это необходимо, дополнительный теоретический материал по теме работы, а также правильно заполнить лабораторный журнал, сделав все необходимые расчеты и сформулировав выводы по проделанной работе.

При подготовке к устному опросу рекомендуется:

1) ознакомиться с темой и планом занятия, чтобы выяснить круг вопросов, которые будут обсуждаться на занятии;

2) поработать с конспектом лекции по теме занятия, а также ознакомиться с рекомендуемой литературой и (при необходимости) дополнительными источниками информации в виде периодических изданий и Интернет-ресурсов.

Самостоятельная работа наряду с аудиторной представляет одну из важнейших форм учебного процесса. Самостоятельная работа — это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения представленной дисциплиной, но и для формирования навыков работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать возникающие проблемы, находить правильные решения и т.д.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для проведения занятий	Мебель: учебная мебель Технические средства	Microsoft Windows; Microsoft Office

семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	обучения: экран, проектор, компьютер	
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория 435С.	Учебная лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, меловыми досками, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: весы теххимические, электрические плитки, наборы химической посуды и реактивов, водяные бани, термометры, магнитные мешалки с подогревом ММ-135Н «Таглер», рН-метр «Эксперт-001-3.04», спектрофотометр В-1100 ЭКОВЬЮ, лабораторный источник питания ПРОФКИП Б5-71/1М, весы аналитические Adventurer Pro AV114С	Microsoft Windows; Microsoft Office
Учебные аудитории для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.	

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)</p>	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)</p>	<p>Microsoft Windows; Microsoft Office</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 431С)</p>	<p>Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к</p>	<p>Microsoft Windows; Microsoft Office</p>

	сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	
--	---	--