

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 17.11.2023 12:40:04  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Никольский В.М.

27 июня 2023 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)  
Химия координационных соединений

Направление подготовки

04.04.01 Химия

Направленность (профиль)

Аналитическая химия

Для студентов 1 курса очной формы обучения

Составитель: д.х.н., профессор Никольский В.М.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью освоения дисциплины (модуля) является обучение применению координационных соединений и закрепление понятия о том, что химия координационных соединений является специфической дисциплиной, пронизывающей и связывающей не только фундаментальную химию (неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, электрохимия), но и другие естественно-научные дисциплины.

В задачу освоения дисциплины (модуля) входит овладение техникой и методикой изучения комплексных соединений.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Химия координационных соединений» входит в Элективные дисциплины 2 обязательной части Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

Она закладывает знания для научно-исследовательской практики и выполнения магистерских диссертаций. Дисциплина непосредственно связана с неорганической химией, физической химией и аналитической химией (спектрофотометрия, колориметрия и потенциометрия).

Координационные соединения получили чрезвычайно широкое распространение в аналитической химии. Их можно назвать фундаментом всей «мокрой» аналитической химии, т.е. химии, так или иначе связанной с приготовлением и использованием растворов (реагенты, определяемые вещества, вспомогательные растворы и т.д.). Без координационных соединений не могут обойтись классические методы анализа: достаточно вспомнить метод комплексонометрического титрования в объемном анализе, маскирование мешающих катионов в гравиметрии, важнейшие качественные реакции на катионы большинства металлов в качественном анализе и т.д. Образование металлокомплексов лежит в основе таких физико-химических методов, как спектрофотометрия и колориметрия. Они существенно расширяют возможности полярографии, потенциометрии и многих других методов. Все перечисленные достоинства химии координационных соединений определяют её особое место в подготовке квалифицированного специалиста в области аналитической химии.

**3. Объем дисциплины: 6 зачетных единиц, 216 академических часа, в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции **15** часов, лабораторные работы - **45** часов, в т. ч. лабораторная практическая подготовка - **45** часов;

**контактная внеаудиторная работа:** контроль самостоятельной работы **10** часов;

**самостоятельная работа: 119** часов, контроль – **27** часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения	ОПК-1.1 Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук ОПК-1.2 Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук
ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	ОПК-2.1 Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их ОПК-2.2 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:**

экзамен – 2 семестр

**6. Язык преподавания русский.**

**-II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа и Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	
1. Понятия координационной химии и их развитие. Типы химических связей в комплексных соединениях (КС). Теории строения. КС, их номенклатура. Изомерия КС, типы изомерии (геометрическая, оптическая и др.). Хелаты.	13	3	3	2	5
2. Устойчивость КС, ее зависимость от различных факторов. Растворимость КС. Заряженные хелаты и ионные ассоциаты.	13	2	3	2	6
3. Оптические свойства КС. Хромофорные и ауксохромные группы лигандов. Светопоглощение хелатов и их флюоресценция. Электрохимические свойства КС.	13	2	3		8
4. Комплексы с полидентатными и макроциклическими лигандами.	12	2	3	2	5
5. Хелатный и макроциклический эффекты.	12	2	3	2	5
6. Краун-эфиры, криптанды, порфирины, фталоцианины.	12	2	3		7
7. Биополимеры в биосистемах. «Иерархия» биолигандов.	12	2	3		7
8. Крахмал и гликоген. Целлюлоза.	14		3		11
9. Многообразие белковых тел. Структуры протеинов.	14		3		11
10. Координационная химия металлсодержащих ферментов.	14		3		11
11. Коферменты и апоферменты.	12	0	3		9

12. Гравиметрические методы исследования координационных соединений.	12		3		9
13. Объемный анализ координационных соединений.	12		3		9
14. Электрохимические методы анализа координационных соединений.	12		3	2	7
15. Металлокомплексы и охрана окружающей среды.	12		3		9
Контроль	27				27
ИТОГО	216	15	45	10	146

### III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем (в строгом соответствии с разделом II РПД)	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Понятия координационной химии и их развитие. Типы химических связей в комплексных соединениях (КС). Теории строения. КС, их номенклатура. Изомерия КС, типы изомерии (геометрическая, оптическая и др.). Хелаты.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
2. Устойчивость КС, ее зависимость от различных факторов. Растворимость КС. Заряженные хелаты и ионные ассоциаты.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>3. Оптические свойства КС. Хромофорные и ауксохромные группы лигандов. Светопоглощение хелатов и их флюоресценция. Электрохимические свойства КС.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>4. Комплексы с полидентатными и макроциклическими лигандами.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>5. Хелатный и макроциклический эффекты.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
<p>6. Краун-эфиры, криптанды, порфирины, фталоцианины.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
7. Биополимеры в биосистемах. «Иерархия» биополимеров.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
8. Крахмал и гликоген. Целлюлоза.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
9. Многообразие белковых тел. Структуры протеинов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
10. Координационная химия металлсодержащих ферментов.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности</li> </ul>

		<p>(химический эксперимент)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
11. Коферменты и апоферменты.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
12. Гравиметрические методы исследования координационных соединений.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• цифровые (показ презентаций)</li> </ul>
13. Объемный анализ координационных соединений.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
14. Электрохимические методы анализа координационных соединений.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской</li> </ul>



		деятельности (химический эксперимент) <ul style="list-style-type: none"> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>
15. Металлокомплексы и охрана окружающей среды.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• лекция</li> <li>• лабораторная работа в химической лаборатории</li> <li>• решение задач и упражнений</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений),</li> <li>• информационные (показ презентаций)</li> <li>• технология исследовательской деятельности (химический эксперимент)</li> <li>• технология модульного и блочно-модульного обучения</li> <li>• здоровьесберегающие технологии</li> </ul>

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

#### **Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для проведения диагностической работы в рамках аккредитационных показателей по образовательным программам высшего образования**

ОПК-1 Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения

Номер задания	<i>Правильный ответ (ключ)</i>	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
<i>Задания закрытого типа</i>			
1	А	Дентатность :	1 балл за правильный ответ

		<p>А. число донорных атомов, при помощи которых один лиганд связывается с центральным атомом</p> <p>Б. Число анионов-лигандов в комплексе</p> <p>В. Число анионов-лигандов в комплексе</p> <p>Г. Число нейтральных лигандов в комплексе</p>	
2	<p><b>Координационное число</b> – число донорных атомов, через которые лиганды непосредственно связаны с центральным атомом</p>	<p><b>Что означает координационное число?</b></p>	1 балл за правильный ответ
3	<b>фторо</b>	<p>Рекомендованное название анионного лиганда - <b>фторид</b></p>	1 балл за правильный ответ
4	<b>аква</b>	<p>Рекомендованное название нейтрального лиганда - <b>H<sub>2</sub>O</b></p>	1 балл за правильный ответ
5	<b>циано</b>	<p>Рекомендованное название анионного лиганда - <b>цианид</b></p>	1 балл за правильный ответ
6	<b>аммин</b>	<p>Рекомендованное название нейтрального лиганда - <b>NH<sub>3</sub></b></p>	1 балл за правильный ответ
7	<b>сульфато</b>	<p>Рекомендованное название анионного лиганда - <b>сульфат</b></p>	1 балл за правильный ответ
8	<b>фосфин</b>	<p>Рекомендованное название нейтрального лиганда - <b>РН<sub>3</sub></b></p>	1 балл за правильный ответ
9	<b>гидроксо</b>	<p>Рекомендованное название анионного лиганда - <b>гидроксид</b></p>	1 балл за правильный ответ
10	<b>бензол</b>	<p>Рекомендованное название нейтрального лиганда - <b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub></b></p>	1 балл за правильный ответ
<b>Задания открытого типа</b>			
<p>11. Можно ли разрушить в растворе комплексный ион дитиосульфатосеребра ([Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3-</sup>), если создать избыточную концентрацию цианид-иона?</p> <p><b>Константы нестойкости ионов:</b></p> <p><math>K_n[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} = 2,5 \cdot 10^{-14}</math></p> <p><math>K_n[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- = 8,0 \cdot 10^{-22}</math></p>			3 балла
<p>Правильный ответ (ключ):</p>			

<p>1. Уравнение реакции:</p> $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} + 2\text{CN}^- \leftrightarrow [\text{Ag}(\text{CN})_2]^- + 2(\text{S}_2\text{O}_2)^{3-}$ <p>2. Данные по константам нестойкости свидетельствуют, что прочность комплексного иона <math>[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-</math> выше.</p> <p>3. Поэтому разрушение исходного комплексного иона возможно, т.к. ионы серебра будут связываться в более прочный ион с цианидом.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>12. Можно ли разрушить комплексное соединение <math>[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4</math>, добавив в раствор этой соли металлический магний?</b></p> <p><b>Значения стандартных окислительно-восстановительных потенциалов:</b></p> <p><math>E^\circ = -1,04 \text{ В}</math> для полуреакции <math>[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2e \rightarrow \text{Zn} + 4\text{NH}_3</math>;</p> <p><math>E^\circ = -2,37 \text{ В}</math> для полуреакции <math>\text{Mg}^0 - 2e \rightarrow \text{Mg}^{2+}</math></p>	<p>3 балла</p>
<p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Уравнение реакции:</p> $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgSO}_4 + \text{Zn} + 4\text{NH}_3$ <p>2. Окислительно-восстановительный процесс составляем, суммируя уравнения полуреакций:</p> $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2e \rightarrow \text{Zn}^0 + 4\text{NH}_3$ $\text{Mg} - 2e \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Mg} \rightarrow \text{Zn} + 4\text{NH}_3 + \text{Mg}^{2+}$ <p>3. Рассчитываем электродвижущую силу (ЭДС) процесса (<math>\Delta E^\circ</math>):</p> <p><math>\Delta E^\circ = E^\circ_{\text{ок}} - E^\circ_{\text{восст}} = -1,04 \text{ В} + 2,37 \text{ В} = 1,33 \text{ В}</math>.</p> <p>Протекание процесса возможно, когда <math>\Delta E^\circ &gt; 0</math>, следовательно, процесс возможен.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>13. В комплексном соединении <math>\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]</math> определить комплексообразователь, лиганды и дентатность лигандов</b></p>	<p>3 балла</p>
<p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Комплексообразователь – Ni;</p> <p>2. Лиганд – CN;</p> <p>3. Дентатность лиганда – 1.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>14. В комплексном соединении <math>[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2</math> определить комплексообразователь, лиганды и внешнюю сферу</b></p>	<p>3 балла</p>
<p>Правильный ответ (ключ):</p> <p>1. Комплексообразователь – Zn;</p>	<p>1 балл</p>

2 Лиганд – $\text{NH}_3$ ;	1 балл
3 Внешняя сфера комплекса – $\text{Cl}_2$ .	1 балл
	Итого: 3 балла
<b>15. В комплексном соединении <math>\text{Na}[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]</math> определить комплексообразователь, лиганды и дентатность лигандов</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ):	
1. Комплексообразователь – Ag;	1 балл
2. Лиганд – $\text{S}_2\text{O}_3$ ;	1 балл
3. Дентатность лиганда – 2.	1 балл
	Итого: 3 балла
<b>16. В комплексном соединении <math>\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]</math> определить комплексообразователь, лиганды и координационное число комплексообразователя</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ):	
1. Комплексообразователь – Fe;	1 балл
2. Лиганд – CN;	1 балл
3. Координационное число комплексообразователя – 6.	1 балл
	Итого: 3 балла
<b>17. В комплексном соединении <math>\text{Na}_4[\text{Co}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]</math> определить комплексообразователь, лиганды и дентатность лигандов</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ):	
1. Комплексообразователь – Co;	1 балл
2. Лиганд – $\text{C}_2\text{O}_4$ ;	1 балл
3. Дентатность лиганда – 2.	1 балл
	Итого: 3 балла
<b>18. В комплексном соединении <math>\text{K}_2[\text{Cu}(\text{NCS})_4]</math> определить комплексообразователь, лиганды и координационное число комплексообразователя</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ):	
1. Комплексообразователь – Cu;	1 балл
2. Лиганд – NCS;	1 балл
3. Координационное число комплексообразователя – 4.	1 балл
	Итого: 3 балла
<b>19. В комплексном соединении <math>[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2</math> определить комплексообразователь, лиганды и внешнюю сферу</b>	3 балла
Правильный ответ (ключ):	
1. Комплексообразователь – Ni;	1 балл
2. Лиганд – $\text{NH}_3$ ;	1 балл
3. Внешняя сфера комплекса – $\text{Cl}_2$ .	1 балл

	Итого: 3 балла
20. В комплексном соединении $[\text{Fe}(\text{py})_4]\text{SO}_4$ определить комплексообразователь, лиганды и внешнюю сферу	3 балла
Правильный ответ (ключ):	
1. Комплексообразователь Fe;	1 балл
2. Лиганд – $\text{NH}_3$ ;	1 балл
3. Внешняя сфера комплекса – $\text{SO}_4$ .	1 балл
	Итого: 3 балла

ОПК-2 Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

<i>Задания закрытого типа</i>			
Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
1	4	<b>Монодентантными лигандами являются молекулы:</b> 1. этилендиамина; 2. этилендиаминтетрауксусной кислоты; 3. глицина; 4. аммиака.	1 балл за правильный ответ
2	2	<b>Какое из приведенных соединений соответствует названию комплексные соединения:</b> 1. $\text{CuSO}_4$ ; 2. $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ; 3. $\text{PO}_4^{3-}$ ; 4. $\text{CuCl}_2$	1 балл за правильный ответ
3	3	<b>Определите величину и знак заряда комплексного иона <math>[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2\text{Cl}_2]</math></b> 1. +4; 2. 0; 3. +2; 4. -1	1 балл за правильный ответ
4	4	<b>Определите степень окисления иона-комплексообразователя в комплексном соединении <math>\text{K}[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_2(\text{NO}_2)_4]_6</math></b>	1 балл за правильный ответ

		1. +2; 2. +6; 3. -1; 4. +3	
5	2	<b>Определите координационное число центрального иона-комплексообразователя в комплексном соединении <math>K_2[Pt^{2+}(C_2O_4)_n]</math>:</b> 1. 2; 2. 4; 3. 3; 4. 1.	1 балл за правильный ответ
6	2	<b>Укажите формулу комплексного соединения под названием бария диаквадихлородицианоплатинат (+2):</b> 1. $Ba_2[Pt(CN)_2Cl_2(H_2O)_2]$ ; 2. $Ba[Pt(CN)_2Cl_2(H_2O)_2]$ ; 3. $Ba[Pt(CO)_3Cl_2(H_2O)_2]$ ; 4. $Ba_3[Pt(CN)_2Cl_3H_2O]$ ;	1 балл за правильный ответ
7	4	<b>Какое из приведенных уравнений отражает ионизацию комплексного иона <math>[CdI_4]^{2-}</math> по второй ступени:</b> 1. $[CdI_4]^{2-} \leftrightarrow Cd^{2+} + 4I^-$ 2. $[CdI_4]^{2-} \leftrightarrow [CdI_3]^- + I^-$ 3. $[CdI_3]^- \leftrightarrow Cd^{2+} + 3I^-$ 4. $[CdI_3]^- \leftrightarrow CdI_2 + I^-$	1 балл за правильный ответ
8	1	<b>Какова природа связи между ионом-комплексообразователем и лигандами в комплексном соединении <math>K[Al(OH)_4]</math>:</b> 1. ковалентная связь; 2. ионная связь; 3. водородная связь; 4. ван-дер-ваальсовое взаимодействие.	1 балл за правильный ответ
9	4	<b>Какое из приведенных уравнений правильно описывает поведение комплексного соединения <math>K_3[Fe(CN)_6]</math> в растворе:</b> 1. $K_3[Fe(CN)_6] \leftrightarrow K^+ + K_2[Fe(CN)_6]$ 2. $K_3[Fe(CN)_6] \leftrightarrow 3K^+ + Fe^{3+} + N^-$ 3. $K_3[Fe(CN)_6] \leftrightarrow 3KCN + Fe(CN)_3$ ; 4. $K_3[Fe(CN)_6] \leftrightarrow 3K^+ + [Fe(CN)_6]^{3-}$	1 балл за правильный ответ
10	3	<b>Катионное комплексное соединение содержит в своем</b>	1 балл за правильный ответ

		<p>составе <math>Zn^{2+}</math>, <math>Cl^-</math>, <math>H_2O</math>; к.ч. центрального атома равно 4.  <b>Какая из приведенных формул соответствует его составу:</b>  1. <math>[Zn(H_2O)_3Cl]Cl</math>;  2. <math>[Zn(H_2O)_2Cl_2]</math>;  3. <math>[Zn(H_2O)Cl]Cl</math>;  4. <math>Na [ZnCl_3(H_2O)]</math></p>	
<b>Задания открытого типа</b>			
<b>11. Как приготовить 250 мл раствора Трилона Б с молярной концентрацией эквивалента ЭДТА 0,05 моль/л</b>			3 балла
ответ (ключ):			
1. Рассчитать навеску Трилона Б для приготовления 250 мл раствора:		1 балл	
$m(\text{Трилона Б}) = 186,125 * 0,05 * 250 / 1000 = 2,327 \text{ г}$ ,			
где $M = 186,125 \text{ г}$ , $N = 0,05$ , $V = 250 \text{ мл}$ ;			
2. Навеску Трилона Б 2,327 г взвесить на аналитических весах;		1 балл	
3. Взятую навеску растворить в мерной колбе на 250 мл и довести до метки.		1 балл	
		Итого: 3 балла	
<b>12. Описать приготовление 0,05 N установочного раствора <math>MgSO_4</math> для титрования Трилона Б</b>			3 балла
1. Приготовить ампулу стандарт-титра $MgSO_4$ , мерную колбу на 2 л, воронку, боек для ампулы и промывалку с дистиллированной водой.		1 балл	
2. В мерную колбу на 2 л установить воронку, поместить в воронку стандарт-титр $MgSO_4$ , бойком разбить ампулу и смыть промывалкой содержимое стандарт-титра $MgSO_4$ в мерную колбу.		1 балл	
3. Удалить воронку и ампулу из мерной колбы и растворить $MgSO_4$ в мерной колбе с последующим доведением объема раствора дистиллированной водой до метки.		1 балл	
		Итого: 3 балла	
<b>13. Описать трилометрическое определение марганца</b>			3 балла
1. В колбу для титрования поместить фиксированный объем анализируемого раствора марганца, добавить 10 мл аммиачноацетатного буферного раствора ( $pH = 8,5-9$ ), дистиллированной воды 50 - 100 мл, 1-2 капли 3%-ного раствора диэтилдитиокарбамата натрия и индикатор «кислотный хром темно-синий».		1 балл	
		1 балл	

<p>2. Провести титрование раствором Трилона Б до перехода окраски из розовой в синюю.</p> <p>3. По количеству израсходованного раствора Трилона Б с учетом его концентрации и фиксированного объема анализируемого раствора марганца по закону эквивалентов рассчитать концентрацию марганца в анализируемом растворе.</p>	Итого: 3 балла
<b>14. Определение цинка в растворе его соли с применением индикатора эриохрома черного Т</b>	3 балла
<p>1. Отмерить пипеткой аликвотную часть раствора соли цинка в колбу для титрования. Раствор нейтрализовать раствором аммиака или по универсальной индикаторной бумажке до <math>pH = 8-10</math>, добавить 10 мл аммиачного буферного раствора и индикатор эриохром черный Т, чтобы раствор окрасился в розовый цвет.</p> <p>2. Подготовленный таким образом раствор медленно титровать раствором Трилона Б до изменения окраски на голубую (без фиолетового оттенка).</p> <p>3. Количество цинка во всем объеме раствора, взятом на анализ, определяют по закону эквивалентов с учетом объемов аликвоты раствора цинка, объема Трилона Б, пошедшего на титрование, и его концентрации.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<b>15. Определение железа (III) с применением сульфосалицилата натрия</b>	3 балла
<p>1. Отмерить пипеткой аликвотную часть раствора соли железа (III), прибавить 1 мл соляной кислоты (1:1) и нейтрализовать разбавленным раствором аммиака до <math>pH = 1-2</math>.</p> <p>2. Раствор нагревают до <math>60^{\circ}C</math>, добавить несколько крупинок сульфосалицилата натрия или сульфосалициловой кислоты (примерно 0,1 г) и титровать раствором Трилона Б до перехода окраски от красной к желтой.</p> <p>3. Количество железа во всем объеме раствора, взятом на анализ, определяют по закону эквивалентов с учетом объемов аликвоты раствора железа, объема Трилона Б, пошедшего на титрование, и его концентрации.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<b>16. Комплексометрическое определение общей жесткости воды</b>	3 балла
<p>1. В колбу для титрования <math>250\text{ см}^3</math> вносят аналитической пипеткой (или бюреткой) на <math>100\text{ см}^3</math> порцию исследуемой воды, прибавляют <math>5,00\text{ см}^3</math> аммонийной буферной смеси, приблизительно 0,01 г сухой смеси индикатора эриохрома черного Т (или индикатора кислотного хром</p>	1 балл



<p>темного синего) с сухим хлоридом калия или натрия (1:100) до появления красного окрашивания.</p> <p>2. Подготовленный таким образом раствор медленно титровать раствором Трилона Б до изменения окраски на голубую (без фиолетового оттенка).</p> <p>3. Общую жесткость воды вычисляют по закону эквивалентов с учетом объемов анализируемой воды, объема Трилона Б, пошедшего на титрование, и его концентрации.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>17. Рассчитать молярную концентрацию эквивалента натрия гидроксида в растворе, в 100 мл которого содержится 0,5 г NaOH, если <math>m(\text{NaOH}) = 0,5 \text{ г}</math>, <math>V(\text{р-р}) = 100 \text{ мл} = 0,1 \text{ л}</math> и <math>M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль}</math></b></p>	<p>3 балла</p>
<p>1. 0,5 г NaOH переводим в количество молей, т.е. <math>0,5/40 = 0,0125</math>.</p> <p>2. Если в 100 мл раствора содержится 0,0125 моль NaOH, то в 1000 мл будет содержаться в 10 раз больше, т.е. 0,125 моль.</p> <p>3. По результатам определения, молярная концентрация эквивалента NaOH составляет 0,125 N.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>18. Написать формулу комплексного соединения трихлоромононитродиаминоплатина, определить характер комплексного иона (катионный, анионный или нейтральный), а также установить координационное число центрального иона.</b></p>	<p>3 балла</p>
<p><math>[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_3\text{NO}_2]^0</math>, КЧ = 6; характер комплексного иона - нейтральный; координационное число центрального иона Pt - 6.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>19. Написать формулу комплексного соединения моноклоромононитротетраамминплатина(IV) хлорид, определить характер комплексного иона (катионный, анионный или нейтральный), а также установить координационное число центрального иона.</b></p>	<p>3 балла</p>
<p><math>[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{ClNO}_2]^{2+} \text{Cl}_2</math>, КЧ = 6; характер комплексного иона - катионный; координационное число центрального иона Pt - 6.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>Итого: 3 балла</p>
<p><b>20. Написать формулу комплексного соединения монобромопентанитроплатинат(IV) калия, определить характер</b></p>	<p>3 балла</p>

<p>комплексного иона (катионный, анионный или нейтральный), а также установить координационное число центрального иона.</p>	
<p><math>K_2[PtBr(NO_2)_5]^{2-}</math>, КЧ = 6;  характер комплексного иона - анионный;  координационное число центрального иона Pt - 6.</p>	<p>1 балл  1 балл  1 балл  Итого: 3 балла</p>

### Учебная программа

Основные понятия координационной теории и их развитие. Номенклатура координационных соединений. Полные и сокращенные формулы координационных соединений.

Химическая связь в комплексных соединениях. Электростатическая теория. Теория кристаллического поля лигандов. Метод МО ЛКАО. Пространственная структура комплексного иона. Основные типы конфигураций внутренней координационной сферы. Реакции комплексных частиц, основные типы реакций. Лабильные и инертные комплексы. Правило трансвлияния Черняева. Изомерия в комплексных соединениях, типы изомерии (структурная изомерия, геометрическая и оптическая изомерия).

Химическая связь в комплексных соединениях переходных металлов. Кинетика и механизм реакций комплексных частиц. Устойчивость комплексных соединений в растворах. Константы устойчивости, факторы, влияющие на устойчивость комплексных соединений. Синтез комплексных соединений, основные принципы.

Виды комплексов, применяемых в аналитической химии. Дентатность лигандов. Комплексные ионы. Внутрикомплексные соединения. Эфирные хелаты. Ионные ассоциаты. Жидкие ионообменники. Специфические ионообменники. Синергизм. Неорганические хелаты (гетерополикислоты).

Хелаты, хелатный эффект. Влияние на устойчивость хелатов различных факторов. Роль центрального иона, природы донорных атомов. Зависимость устойчивости хелатов от размера хелатного цикла и числа циклов.

Растворимость хелатов. Гидрофильные и гидрофобные группы. Заряженные хелаты и ионные ассоциаты. Эффект утяжеления. Коллоидные растворы. Экстракция хелатов. Оптические свойства хелатов. Влияние центрального иона на окраску хелатов. Неорганические хромофоры. Взаимное влияние лигандов. Полосы переноса зарядов.

Повышение селективности и специфичности маскированием. Электрохимические свойства лигандов.

Энтропийный фактор устойчивости хелатных циклов. Энтальпийный фактор устойчивости хелатных циклов. Макроциклический эффект по К.Б.Яцимирскому. Ионофоры. Краун-эфир, их номенклатура. Закономерность и устойчивость краун-эфиров. Криптанты. Селективность криптантов по отношению к металлам. Устойчивость криптантов.

Полисахариды, белки и нуклеиновые кислоты как биолиганды. Иерархия биолигандов. Крахмал, гликоген, целлюлоза. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная белковые структуры. Порфириновые металлоциклы. Нуклеотиды. РНК и ДНК.

Металлсодержащие ферменты, коферменты, апоферменты. Ферментативный катализ реакции гидролиза. Карбоангидразы. Карбоксилазы. Карбоксипептидаза. Киназы. Ферментативный катализ реакций окисления-восстановления. Дегидрогеназы. Цитохромы. Гемм-белки. Ферредоксины. Гемоцианин. Нитрогеназа. Хлорофилл.

### **Вопросы экзамена по дисциплине**

1. Возникновение, история и развитие понятий в химии металлокомплексов. Типы химической связи в комплексах. Номенклатура комплексных соединений.

2. Первые теории строения комплексных соединений, теория Бломстранда-Йергенсена. Теория Вернера, ее непреходящая роль во всей дальнейшей истории координационных соединений. Метод валентных связей.
3. Теория кристаллического поля лигандов. Магнитные и оптические свойства комплексных соединений. Спектрохимический ряд.
4. Изомерия комплексных соединений (пространственная, оптическая), методы синтеза изомеров комплексных соединений.
5. Типы комплексов. Дентатность лигандов. Комплексные ионы. Внутрикомплексные соединения. Эфирные хелаты. Ионные ассоциаты. Жидкие ионообменники. Синергизм. Неорганические хелаты (гетерополикислоты).
6. Устойчивость хелатов. Определение констант устойчивости комплексов. Хелатный эффект. Влияние центрального атома, природы донорного атома и хелатных циклов. Влияние размера и числа хелатных циклов.
7. Растворимость хелатов. Гидрофильные и гидрофобные группы. Растворимость внутрикомплексных соединений. Заряженные хелаты и ионные ассоциаты. Эффект утяжеления. Экстракция хелатов.
8. Оптические свойства хелатов. Влияние центрального атома на окраску хелатов. Неорганические хромофоры. Взаимное влияние лигандов. Полосы переноса зарядов. Хромофорные и ауксохромные группы лигандов. Полиены, ди- и трифенилметановые красители, ароматические и гетеро-циклические соединения.
9. Роль комплексов марганца и других 3d-элементов в природе.
10. Канцерогены и химиотерапия с использованием хелатных комплексов.
11. Симбиоз лигандов.
12. Значение ферментов и гормонов в жизнедеятельности организма.
13. Наиболее распространенные аминокислоты как биолиганды.
14. Методы объемного определения.
15. Удаление нежелательных ионов металлов из организма.
16. Липиды.

## **2.Макет экзаменационного билета по дисциплине «Химия координационных соединений»**

1. Возникновение, история и развитие понятий в химии металлокомплексов. Типы химической связи в комплексах. Номенклатура комплексных соединений. (10 баллов).

2. Типы комплексов. Дентатность лигандов. Комплексные ионы. Внутрикомплексные соединения. Эфирные хелаты. Ионные ассоциаты. (10 баллов).

3. Изомерия комплексных соединений (пространственная, оптическая), методы синтеза изомеров комплексных соединений. (10 баллов).

4. Устойчивость хелатов. Определение констант устойчивости комплексов. Хелатный эффект. Влияние центрального атома, природы донорного атома и хелатных циклов. Влияние размера и числа хелатных циклов. (10 баллов).

### **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### 1) Рекомендуемая литература

##### а) Основная литература

1. Аналитическая химия: учебное пособие / А.И. Апарнев, Т.П. Александрова, А.А. Казакова, О.В. Карунина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – 92 с.: схем., табл. – Библиогр.: с. 86-87. – ISBN 978-5-7782-2710-1; То же [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438291>

##### б) Дополнительная литература:

1. Т.А. Ткачева, Т.В. Левенец, Химия комплексных соединений. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.А. Ткачева, Т.В. Левенец; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. – 2020. – 125 с. – Режим доступа: [http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/13209/1/132204\\_20201005.pdf](http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/13209/1/132204_20201005.pdf)

2. Алексеев В.Г., Андреева Г.И., Баранова Н.В., Никольский В.М., Феофанова М.А., Щербакова Т.А. Химические свойства элементов I-IV групп: учебно-методические материалы по неорганической химии. Часть 1. Электронное издание, ТвГУ, 2013, Гос. рег. №0321303643, Рег. свид. №32941, 17.01.2014 г.

3. Никольский В.М. Экологически безопасные комплексоны, производные дикарбоновых кислот. Электронное издание, ТвГУ, 2014, Гос. рег. №0321401789, Рег. свид. №36319 от 16.10.2014 г.

## 2) Программное обеспечение

Google Chrome бесплатное ПО

Яндекс Браузер бесплатное ПО

Kaspersky Endpoint Security 10 акт на передачу прав ПК545 от 16.12.2022

Многофункциональный редактор ONLYOFFICE бесплатное ПО

ОС Linux Ubuntu бесплатное ПО

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

№ п/п	Вид информационного ресурса	Наименование информационного ресурса	Адрес (URL)
1.	Электронно-библиотечная система	«Университетская библиотека онлайн»	<a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a>
2.	Электронно-библиотечная система	IPR SMART	<a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>
3.	Электронно-библиотечная система	«ЮРАЙТ»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
4.	Электронно-библиотечная система	«Лань»	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>
5.	Электронно-библиотечная система	«Знаниум»	<a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины:

Научная библиотека ТвГУ <http://library.tversu.ru>.

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

Организуя свою учебную работу, студенты должны, во-первых, выявить рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса, практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Во-вторых, ознакомиться с указанным в методическом материале по дисциплине перечнем учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также с методическими материалами на бумажных и/или электронных носителях, выпущенных кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

### **1. Работа с учебными пособиями.**

Для полноценного усвоения курса студент должен, прежде всего, овладеть основными понятиями этой дисциплины. Необходимо усвоить определения и понятия, уметь приводить их точные формулировки, приводить примеры объектов, удовлетворяющих этому определению. Кроме того, необходимо знать круг фактов, связанных с данным понятием. Требуется также знать связи между понятиями, уметь устанавливать соотношения между классами объектов, описываемых различными понятиями.

### **2. Самостоятельное изучение тем.**

Самостоятельная работа студента является важным видом деятельности, позволяющим хорошо усвоить изучаемый предмет и одним из условий достижения необходимого качества подготовки и профессиональной переподготовки специалистов. Она предполагает самостоятельное изучение студентом рекомендованной учебно-методической литературы, различных справочных материалов, написание рефератов, выступление с докладом, подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку к зачёту и экзамену.

### **3. Задания и контроль самостоятельной работы**

Все лабораторные работы, не выполненные в лаборатории, остаются в качестве домашнего задания. Срок выполнения – две недели, после чего количество баллов за соответствующее задание снижается в два раза.

При защите лабораторной работы студенты выступают индивидуально, защищая свое портфолио, но студент общается и с преподавателем, и с другими студентами, которые не только присутствуют на защите, но задают вопросы, высказывают свое мнение по поводу и содержанию портфолио и по поводу самого выступления. Участие каждого присутствующего студента при защите просроченной работы вознаграждается дополнительным 1 баллом из фонда сниженных баллов за просроченную защиту за каждый положительный комментарий по защите.

## **VII. Материально-техническое обеспечение**

В ходе изучения дисциплины используется лабораторная и приборная база для проведения учебных занятий, которым располагает кафедра неорганической и аналитической химии химико-технологического факультета ТвГУ.

## **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№п.п.	Обновленный раздел рабочей	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
-------	----------------------------	------------------------------	---



	программы дисциплины		
1.			
2.			