

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Егорова Галина Викторовна  
Должность: Проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.11.2022 11:28:56  
Уникальный программный ключ:  
4963a4167398d8232817460cf5aa76d186dd7c25

**Министерство образования Московской области**  
**Государственное образовательное учреждение высшего образования**  
**Московской области**  
**«Государственный гуманитарно-технологический университет»**

УТВЕРЖДАЮ



Проректор  
06 июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.04.01 Комплексные соединения в фармацевтическом анализе**

<b>Специальность</b>	33.05.01 Фармация
<b>Направленность программы</b>	Организация и ведение фармацевтической деятельности в сфере обращения лекарственных средств
<b>Квалификация выпускника</b>	провизор
<b>Форма обучения</b>	очная

**Орехово-Зуево**  
**2022 г.**

### 1. Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины составлена на основе учебного плана специальности 33.05.01 Фармация, направленность программы «Организация и ведение фармацевтической деятельности в сфере обращения лекарственных средств», 2022 года начала подготовки.

При реализации образовательной программы университет вправе применять дистанционные образовательные технологии.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

#### Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины «Комплексные соединения в фармацевтическом анализе» - знакомство студентов с состоянием и перспективами развития современной химии комплексных соединений, её теоретическим и практическим значением для медицины и фармации, применением комплексных соединений в фармакопейном анализе.

#### Задачи дисциплины

Основная задача изучения дисциплины заключается в формировании системы знаний по химии комплексных соединений, что поможет оценить значение комплексных соединений для фармакопейного анализа лекарственных средств и объяснить зависимость фармакологического действия вещества от его строения.

#### Знания и умения обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

<i>В результате изучения дисциплины «Комплексные соединения в фармацевтическом анализе» студент должен обладать следующими компетенциями:</i>	<i>Коды формируемых компетенций</i>
<b>Универсальные компетенции</b>	
Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	УК-6

#### Индикаторы достижения компетенций

<i>Код и наименование универсальной компетенции</i>	<i>Наименование индикатора достижения универсальной компетенции</i>
<b>УК- 6</b> Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	<b>ИД (УК-6)-1. Знает:</b> - современные теории химической связи в комплексных соединениях (основы квантовой химии), строение комплексных соединений и их свойства. <b>ИД (УК-6)-2. Умеет:</b> - применять основные алгоритмы дисциплины для решения практических задач, связанных с использованием комплексных соединений в фармацевтическом анализе. <b>ИД (УК-6)-3. Владеет:</b> - основными понятиями химии комплексных соединений для объяснения аналитических эффектов химических реакций, лежащих в основе фармакопейного анализа при контроле качества лекарственных средств.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Комплексные соединения в фармацевтическом анализе» Б1.В.ДВ.04.01 входит в блок 1. Дисциплины. Часть, формируемая участниками образовательных отношений Б1.В основной образовательной программы специальности 33.05.01 Фармация.

Дисциплина «Комплексные соединения в фармацевтическом анализе» содержательно взаимосвязана с дисциплинами математического и естественнонаучного цикла: «Математика», «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Аналитическая химия».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Комплексные соединения в фармацевтическом анализе», необходимы для изучения таких дисциплин, как «Органическая химия», «Фармацевтическая химия», «Токсикологическая химия».

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Очная форма обучения

№№ п/п	Раздел/тема	Семестр	Всего час.	Виды учебных занятий				Промежуточная аттестация
				Контактная работа (ауд)			СРС	
				Лекции	ЛЗ	ПЗ		
1.	<b>Тема 1.</b> Предмет и задачи химии комплексных соединений. Значение комплексных соединений для медицины и фармации	4	8	2	-	4	4	Зачет
2.	<b>Тема 2.</b> Химические свойства комплексных соединений. Реакции образования комплексных соединений в растворах	4	12	2	-	8	10	
3.	<b>Тема 3.</b> Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения	4	14	4	-	6	10	
4.	<b>Тема 4.</b> Методы квантовой химии в теории комплексных соединений	4	16	4	-	6	10	
5.	<b>Тема 5.</b> Физико-химические методы изучения комплексных соединений в растворах	4	22	4	-	14	20	
<b>ИТОГО</b>			<b>72</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>38</b>	<b>54</b>	

#### Содержание дисциплины, структурированное по темам

##### Лекции

**Тема 1.** Предмет и задачи химии комплексных соединений. Значение комплексных соединений для медицины и фармации

Становление координационной химии как самостоятельной науки. Состав, номенклатура и классификация комплексных соединений. Координационное число и основные виды гибридизации внешних атомных орбиталей комплексообразователя. Виды изомерии комплексных соединений. Основные положения координационной теории Вернера. Работы Льюиса-Сиджвика и Косселя-Магнуса. Лиганды, классификация лигандов по дентатности. Типичные комплексообразователи.

**Тема 2.** Химические свойства комплексных соединений. Реакции образования комплексных соединений в растворах

Химические свойства комплексных соединений: реакционная способность, магнитные свойства, оптические свойства. Реакции образования комплексных соединений в растворах. Устойчивость комплексных соединений. Ступенчатые и общие константы устойчивости и нестойкости. Термодинамические и кинетические характеристики реакций комплексообразования. Инертные и лабильные комплексы.

**Тема 3.** Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения

Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения. Координационная теория А. Вернера. Полидентатные лиганды на основе полиаминополикарбоновых кислот и полифосфоновых кислот. Лекарственные препараты на

основе комплексных соединений. Правило циклов Чугаева. Хелатный эффект. Ряд Ирвинга-Вильямса. Правило ЖМКО (правило Пирсона).

#### **Тема 4. Методы квантовой химии в теории комплексных соединений**

Методы валентных схем и молекулярных орбиталей в теории комплексных соединений. Взаимосвязь строения комплексных ионов с их химическими свойствами. Теория кристаллического поля (теория поля лигандов). Расщепление d- и f-АО комплексообразователя в электростатических полях лигандов различной величины и различной симметрии. Октаэдрические, тетраэдрические и плоские квадратные комплексные полиэдры в теории кристаллического поля. Параметр расщепления и энергия стабилизации комплексообразователя электростатическим полем лигандов. Ряд силы поля лигандов.

#### **Тема 5. Физико-химические методы изучения комплексных соединений в растворах**

Фотометрический метод изучения комплексных соединений в растворах. Основной закон светопоглощения. Электронные спектры поглощения (ЭСП) комплексных соединений. Оптические эффекты. Спектрохимический ряд лигандов. Потенциометрический метод (рН-метрия) в координационной химии. Изменение рН в процессе реакций комплексообразования. Распределения форм ионизации лигандов – многоосновных кислот в зависимости от рН. Идентификация лекарственных средств на основе комплексных соединений по данным фотометрического и потенциометрического методов.

### **Практические занятия**

**Тема 1. Предмет и задачи химии комплексных соединений. Значение комплексных соединений для медицины и фармации**

**Практическое занятие 1.** Состав и классификация комплексных соединений. Номенклатура.

#### **Учебные цели:**

1. Познакомить с основными историческими этапами формирования современных представлений о химии комплексных соединений.
2. Научить использовать современную химическую номенклатуру и фармакопейную номенклатуру для распознавания комплексных соединений. Грамотно использовать расположение элемента в Периодической системе для характеристики центрального атома, как комплексообразователя.
3. Научить устанавливать количественный состав молекулы комплексного соединения, координационное число и степень окисления комплексообразователя

**Тема 2. Химические свойства комплексных соединений. Реакции образования комплексных соединений в растворах**

**Практическое занятие 2.** Реакционная способность комплексных соединений. Основные виды изомерии.

#### **Учебные цели:**

1. Познакомить с основными видами изомерии комплексных соединений и показать взаимосвязь строения комплексного иона и химических свойств комплексного соединения.
2. Познакомить с основными химическими свойствами комплексных соединений. Рассмотреть с химической точки зрения реакционную способность комплексных соединений, как способность лигандов координационной сферы замещаться другими лигандами.

**Практическое занятие 3.** Термодинамические и кинетические характеристики реакций комплексообразования. Инертные и лабильные комплексы.

#### **Учебные цели:**

1. Показать отличие термодинамической и кинетической устойчивости комплексных ионов.

2. Показать особое значение комплексных соединений для медицины и фармации
3. Дать классификацию комплексных соединений на основании критерия лабильности Таубе.

### **Тема 3. Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения**

**Практическое занятие 4.** Лиганды. Классификация лигандов. Дентатность лигандов. Влияние лигандов на свойства комплексных соединений.

**Учебные цели:**

1. Рассмотреть особенности химической связи «металл-лиганд» в комплексных соединениях;
2. Научить характеризовать лиганды с учетом их потенциальной и реальной дентатностью.
3. Уделить особое внимание амбидентатным лигандам и особенностям их координации, что идентифицируется в фармакопейном анализе.

**Практическое занятие 5.** Реакции образования комплексных соединений в растворах. Устойчивость комплексных соединений. Ступенчатые и общие константы устойчивости и нестойкости

**Учебные цели:**

1. Показать разнообразие типов химических реакций получения комплексных соединений и их качественной идентификации при проведении фармакопейного анализа.
2. Рассмотреть диссоциацию комплексных соединений по типу сильных электролитов и диссоциацию комплексных ионов по типу слабых электролитов. Показать зависимость устойчивости комплексных ионов от энергии химической связи <металл-лиганд>

### **Тема 4. Методы квантовой химии в теории комплексных соединений**

**Практическое занятие 6.** Химическая связь в комплексных соединениях. Координационная теория А. Вернера. *Методы ВС и МО в теории координационных соединений.* Гибридизация центрального атома и строение комплексных ионов

**Учебные цели:**

1. Повторить основные виды гибридизации с участием s-, p- и d-АО и корреляцию между видом гибридизации центрального атома и строением комплексного иона.
2. Рассмотреть наиболее распространенные геометрии комплексных ионов и наиболее типичные, характерные для комплексных соединений виды гибридизации центрального атома-комплексообразователя.
3. Показать значение координационной теории А. Вернера для современных методов квантовой химии, которые применяются для объяснения особенностей поведения и свойств комплексных соединений
4. Показать и закрепить применение методов ВС и МО в координационной химии.
5. Научить составлять схемы и диаграммы для объяснения особенностей строения и свойств комплексных соединений

**Практическое занятие 7.** Правило циклов Чугаева. Хелатный эффект. Ряд Ирвинга-Вильямса. Правило ЖМКО (правило Пирсона)

**Учебные цели:**

1. Сформулировать основные закономерности химии комплексных соединений.
2. Показать влияние циклообразования и хелатного эффекта на устойчивость комплексных соединений.

**Практическое занятие 8.** Теория кристаллического поля. Расщепление d- и f-АО комплексообразователя в электростатических полях лигандов различной величины и различной симметрии

**Учебные цели:**

1. Познакомить с основными положениями теории кристаллического поля;
2. Рассмотреть октаэдрические, тетраэдрические и плоские квадратные комплексы в теории кристаллического поля (ТКП);

3. Научить сравнивать разные комплексные соединения и объяснять отличие в их строении и свойствах характером расщепления d-атомных орбиталей комплексообразователя в электростатических полях разной величины и разной симметрии.

#### **Тема 5. Физико-химические методы изучения комплексных соединений в растворах**

**Практическое занятие 9.** Оптические свойства комплексных соединений. Применение фотометрического метода для изучения реакций комплексообразования в водных растворах

##### Учебные цели:

1. Сформулировать и проанализировать основной закон светопоглощения Бугера – Ламберта – Бера;
2. Показать взаимосвязь оптической плотности растворов и концентрации комплексного соединения в растворе;
3. Познакомить с возможностью идентификации комплексных соединений по их индивидуальным оптическим характеристикам.

**Практическое занятие 10.** Оптические эффекты – как доказательство образования нового комплексного соединения. Электронные спектры поглощения в УФ- и видимой областях спектра.

##### Учебные цели:

1. Классифицировать оптические эффекты и объяснять их с точки зрения электронного строения центрального атома–комплексообразователя: гипсо- и бато-, гипо- и гиперхромные оптические эффекты;
2. Показать отличие в оптических свойствах окрашенных и неокрашенных комплексных соединений и возможности фотометрического анализа для изучения их свойств.

**Практическое занятие 11.** Применение фотометрического метода для установления мольного соотношения комплексообразователь-лиганд в координационной сфере

##### Учебные цели:

1. Рассмотреть теоретические основы метода насыщения и построения диаграмм насыщения по экспериментальным результатам фотометрического исследования комплексообразующей системы;
2. Рассмотреть теоретические основы метода изомольярных серий и построения изомольярной диаграммы по экспериментальным результатам фотометрического исследования комплексообразующей системы.

**Практическое занятие 12.** Применение потенциометрического метода в варианте рН-метрии для изучения реакций образования комплексных соединений

##### Учебные цели:

1. Вспомнить основы потенциометрического метода и показать возможность его применения для изучения реакций комплексообразования;
2. Показать влияние рН на полноту связывания катионов в комплексное соединение и устойчивость комплексных соединений в растворах.

**Практическое занятие 13.** Применение метода потенциометрического титрования для изучения состояния полидентатных лигандов в водном растворе. Кривая потенциометрического титрования

##### Учебные цели:

1. Показать возможность применения потенциометрического титрования для изучения кислотно-основных свойств лигандов;
2. На рН-метре экспериментально снять кривую потенциометрического титрования Трилона Б и научить студентов грамотно интерпретировать экспериментальные результаты.

#### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Для организации самостоятельной работы обучающиеся используют основную и дополнительную литературу, ЭОР сети Internet и ЭОР из ЭИОС\_MOODLE\_ГГТУ.

1. Литвинова Т.Н. и др. Биогенные элементы. Комплексные соединения: учеб.-метод. пособ. / под ред. проф. Т.Н. Литвиновой - Ростов н/Д: Феникс, 2009. - 283 с. (Медицина). ISBN 978-5-222- <https://studfiles.net/preview/6056770/>

2. Попова Т.В., Потемкина Н.М. Качественный анализ. Лабораторный практикум по аналитической химии. Учебно-методическое пособие для студентов фармацевтического факультета - Орехово-Зуево: Изд-во МГОГИ, 2015. - 172 с.  
[http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43288/mod\\_resource/content/2/УП%20Кач.%20анализ.pdf](http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43288/mod_resource/content/2/УП%20Кач.%20анализ.pdf)

3. Попова Т.В. Количественный анализ. Лабораторный практикум по аналитической и фармацевтической химии. Учебно-методическое пособие для студентов фармацевтического факультета - Орехово-Зуево: Изд-во МГОГИ, 2015. - 80 с.  
[http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43289/mod\\_resource/content/1/УП%20Кол.%20анализ.pdf](http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43289/mod_resource/content/1/УП%20Кол.%20анализ.pdf)

4. Попова Т.В. Основы координационной химии: учебное пособие. Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2007. – 100 с. ISBN 978-5-94808-331-5

5. Основы химии комплексных соединений

<http://dis.ggtu.ru/course/view.php?id=2150>

6. Учебное пособие по химии комплексных соединений

[http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43335/mod\\_resource/content/1/УП%20Основы%20коорд.%20химии.pdf](http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43335/mod_resource/content/1/УП%20Основы%20коорд.%20химии.pdf)

7. Теоретические основы неорганической химии

<http://dis.ggtu.ru/course/view.php?id=2148>

8. Учебное пособие по общей и неорганической химии

[http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43297/mod\\_resource/content/1/.pdf](http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43297/mod_resource/content/1/.pdf)

9. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии

[http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43299/mod\\_resource/content/1/УП%20Общ.%20и%20неорг.%20хим..pdf](http://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/43299/mod_resource/content/1/УП%20Общ.%20и%20неорг.%20хим..pdf)

### Задания для самостоятельной работы студента

**Тема 1. Предмет и задачи химии комплексных соединений. Значение комплексных соединений для медицины и фармации**

#### Задание №1

1. Какие соединения называются комплексными? Состав молекул комплексных соединений: комплексообразователь, лиганды, внешняя сфера, внутренняя или координационная сфера, степень окисления комплексообразователя, заряд комплексного иона.

2. Номенклатура комплексных соединений. Назовите следующие комплексные соединения, укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатность лигандов, степень окисления комплексообразователя:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}[\text{AuBr}_4]$ ,  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_4\text{En}]$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2]\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2[\text{PtCl}_4(\text{NH}_3)_2]$ ,  $\text{H}_2[\text{SnCl}_6]$ .

3. Назовите комплексные соединения:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_4(\text{NH}_3)_2]$ . Укажите степень окисления комплексообразователя, к.ч., тип гибридизации валентных атомных орбиталей комплексообразователя, строение координационного полиэдра. Запишите выражения для суммарных констант нестойкости и устойчивости.

4. Назовите комплексные соединения:  $(\text{NH}_4)_2[\text{SnCl}_6]$ ,  $[\text{H}_2[\text{SnCl}_6]$ ,  $\text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ ,  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{SO}_4$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$ ,  $\text{NH}_4[\text{Cr}(\text{CNS})_4(\text{NH}_3)_2]$ ,  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ ,  $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_3\text{H}_2\text{O}]\text{Cl}$ . Укажите заряд комплексного иона, степень окисления комплексообразователя, валентность атомов-комплексообразователя и координационное число.

5. Напишите формулы комплексных соединений по названиям: хлорид хлоропентаамминплатины(IV), сульфат диакватетраамминкобальта(III), хлорид хлороаква-бис-этилендиаминродия(III), тетраиодоплюмбат(II) калия, гексагидроксоалюминат калия.

6. Составьте формулы комплексных ионов кобальта(II) с координационным числом 6, используя в качестве лигандов молекулы аммиака, этилендиамина, сульфат-ионы и ионы

этилендиаминтетрауксусной кислоты. Запишите выражения для констант устойчивости. Укажите дентатность предложенных лигандов. Как построены эти комплексные ионы?

7. Установите состав простейшего карбонила железа  $[\text{Fe}(\text{CO})_x]$ . Как построена эта молекула? Укажите тип гибридизации внешних атомных орбиталей центрального атома.

8. Основные положения координационной теории А. Вернера. Механизм образования химической связи «металл-лиганд» в молекулах комплексных соединений.

9. Теория Льюиса – Сиджвика в координационной химии. Эффективный атомный номер комплексообразователя (ЭАН). «Правило 18 электронов».

10. Теория Косселя – Магнуса в координационной химии. Энергия образования комплексных соединений. Электростатические схемы образования комплексных ионов.

### Задание №2

**Тема 2. Химические свойства комплексных соединений. Реакции образования комплексных соединений в растворах**

1. Виды изомерии комплексных соединений. Приведите примеры гидратных, ионизационных, связевых, сольватных, геометрических и оптических изомеров комплексов.

2. Составьте уравнения реакций окисления желтой кровяной соли пероксидом водорода в кислой среде и подберите коэффициенты электронно-ионным методом.

3. Какие комплексные ионы способны наиболее легко вступать в реакции внутрисферного замещения и почему:  $[\text{Al}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ ,  $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ ,  $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ,  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  (низкоспиновый),  $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ?

4. Реакционная способность комплексных соединений. Инертные и лабильные комплексы.

5. Объясните неустойчивость аквакомплекса  $\text{Fe}(\text{II})$  и высокую устойчивость его цианидного комплекса.

6. Константы нестойкости и устойчивости комплексных соединений. Ступенчатые константы нестойкости и ступенчатые константы устойчивости.

7. Ступенчатое комплексообразование. Факторы, влияющие на термодинамическую и кинетическую устойчивость комплексных соединений

8. Карбонилы металлов. Установите формулы простейших карбониллов железа, кобальта, никеля  $[\text{Fe}(\text{CO})_x]$ ,  $[\text{Co}_x(\text{CO})_y]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_x]$ .

9. Напишите формулы ионизационных изомеров для комплексных соединений:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Br}$ .

10. Комплексное соединение  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2(\text{NO}_2)_2]$  имеет пять геометрических изомеров. Представьте их пространственно.

11. Представьте пространственное изображение *цис*- и *транс*-изомеров следующих комплексных соединений:  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{N}_2\text{H}_4)_2]$ ,  $[\text{Co}(\text{En})_2\text{Br}_2]^+$ ,  $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]^+$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2]$ .

12. Какой комплексный ион является наиболее устойчивым в растворе:  $[\text{Fe}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ? Используя «правило 18-и электронов» и величины ЭАН, расположите аммиакаты в ряд по увеличению устойчивости комплексов. Сравните полученный результат со справочными значениями констант устойчивости.

13. Объясните, почему при обработке  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$  аммиаком получается *цис*-изомер  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ , а при обработке  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  хлорид-ионами – *транс*-изомер  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ? Принцип трансвлияния И.И. Черняева.

### Задание №3

**Тема 3. Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения**

1. Какие d-АО участвуют в образовании  $\sigma$ -связей в комплексных ионах, построенных в виде плоских квадратов, тригональной бипирамиды и тетрагональной бипирамиды (октаэдр)?

2. Какое соединение образуется при действии избытка раствора аммиака на раствор сульфата меди(II)? Как построена молекула образующегося комплексного соединения? Укажите тип гибридизации внешних атомных орбиталей комплексообразователя. Какое вещество следует добавить к раствору аммиаката меди(II), чтобы разрушить комплексный ион:  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ? Для расчета используйте справочные данные об устойчивости в растворе аммиаката  $\text{Cu}(\text{II})$  и величины ПРСuS и  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ .

3. Какое соединение железа(II) наиболее устойчиво к кислороду воздуха и почему:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ?

4. Почему свежеприготовленный раствор  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  очень плохо проводит электрический ток, но со временем его электропроводность увеличивается?

5. Рассчитайте концентрацию ионов серебра в 0,05 М растворе  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ , к 2 л которого добавлен 1 моль аммиака.

6. Из раствора первого изомера состава  $\text{Co}(\text{SO}_4)\text{Br} \cdot 5\text{NH}_3$  при добавлении избытка раствора нитрата серебра выпадает желтый осадок, а из раствора второго изомера – белый осадок. По результатам опыта составьте координационные формулы изомеров.

7. Координационное число и геометрия комплексных ионов. Основные виды гибридизации комплекссообразователя с участием d-атомных орбиталей:  $\text{dsp}^2$ ,  $\text{dsp}^3$ ,  $\text{d}^2\text{sp}^3$ .

8. Хелаты и хеланты. Хелатный эффект. Правило циклов Чугаева.

9. Какие d-атомные орбитали участвуют в образовании  $\sigma$ -связей в октаэдрических комплексах? Тип гибридизации внешних атомных орбиталей центрального атома?

10. Приведите примеры комплексных соединений тетраэдрического строения. Что определяет геометрию таких молекул?

11. Какая из d-атомных орбиталей участвует в образовании  $\sigma$ -связей в плоских квадратных комплексах? Приведите примеры таких комплексных ионов.

12. Какие формы могут иметь комплексные ионы соединений серебра(I), меди(I) и золота(I)? Чему равно координационное число комплекссообразователей? Тип гибридизации внешних атомных орбиталей центрального атома?

#### **Задание №4**

##### **Тема 4. Методы квантовой химии в теории комплексных соединений**

1. Сравните термодинамическую устойчивость аммиаката  $\text{Co}(\text{III})$ , полученного взаимодействием хлорида  $\text{Co}(\text{III})$  с избытком аммиака в растворе и гексацианокобальтата(III) калия, если  $\mu_{\text{эфф.}}$  для первого комплекса составляет 13,9 м.Б.:

а) используя ММО, объясните разную окраску этих соединений;

б) используя МВС, укажите тип гибридизации центрального атома и объясните инертными или лабильными будут эти комплексы в реакциях лигандного обмена.

2. Метод ВС в координационной химии. Внешне- и внутреннеорбитальные комплексы. Спинсвободные и спинспаренные комплексы. Координационное число и геометрия комплексных ионов. Основные виды гибридизации комплекссообразователя с участием d-атомных орбиталей:  $\text{dsp}^2$ ,  $\text{dsp}^3$ ,  $\text{d}^2\text{sp}^3$ .

3. Применение метода МО в координационной химии. Орбитальные молекулярные диаграммы для аквакомплексов ( $\sigma$ -комплекс)  $\text{Oh}$ -группы симметрии в базисе  $\text{spd}$  комплекссообразователя и  $\sigma$ -БАО лигандов.

4. Карбонилы металлов. Установите формулы простейших карбонилы железа, кобальта, никеля и рассмотрите их в методе ВС  $[\text{Fe}(\text{CO})_x]$ ,  $[\text{Co}_x(\text{CO})_y]$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_x]$

5. Теория кристаллического поля в координационной химии. Расщепление атомных термов в кристаллическом поле лигандов разных типов симметрии. Факторы, влияющие на величину параметра расщепления. ЭСКП. Расчет величины ЭСКП в полях различной симметрии. Слабое и сильное поле лигандов. Спектрохимический ряд лигандов.

6. Основные свойства комплексных соединений: оптические, магнитные, реакционная способность. Геометрия комплексных ионов и гибридизация внешних АО комплекссообразователя. Внешне- и внутреннеорбитальные, спинспаренные и спинсвободные комплексы. Координация лигандов. Хелаты и хеланты. Хелатный эффект. Реакции внутрисферного замещения. Инертные и лабильные комплексы.

7. Теория кристаллического поля. Расщепление d-АО комплекссообразователя в электростатических полях лигандов различной величины и симметрии ( $T_d$ ,  $D_{4h}$ ,  $\text{Oh}$ ). Параметр расщепления.

8. Энергия стабилизации комплексов кристаллическим полем (ЭСКП). Расчет величины ЭСКП.

9. В комплексных ионах  $[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]^{4-}$  и  $[\text{Ni}(\text{SCN})_6]^{4-}$  лиганды обладают сильным полем. Составьте энергетическую схему образования  $\sigma$ -связей в этих комплексах и рассмотрите магнитные свойства комплексов. Рассчитайте  $\mu_{\text{эфф.}}$ .

10. Составьте энергетические диаграммы образования химических связей в октаэдрических комплексных соединениях 4d- и 5d-элементов, укажите тип гибридизации внешних атомных орбиталей комплексообразователя и число неспаренных d-электронов:  $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_6]^{4+}$ ,  $[\text{ZrF}_6]^{2-}$ ,  $[\text{MoCl}_6]^{3-}$ ,  $[\text{Re}(\text{CN})_6]^{3-}$ .

11. Составьте энергетические диаграммы образования химических связей в плоских квадратных комплексных соединениях, укажите тип гибридизации внешних атомных орбиталей комплексообразователя и число неспаренных d-электронов:  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{Au}(\text{NH}_3)_4]^{3+}$ ,  $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{3-}$ ,  $[\text{Pd}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ .

12. Объясните, почему ионы  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$  и  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-}$  диамагнитны, а ионы  $[\text{CoF}_6]^{3-}$  и  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  парамагнитны? Рассчитайте  $\mu_{\text{эфф.}}$  для комплексных ионов кобальта(II)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  и  $[\text{CoF}_6]^{4-}$ .

### Задание №5

#### Темы 5. Физико-химические методы изучения комплексных соединений в растворах

1. Рассмотрите образование комплексных ионов никеля(II): диамагнитного  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  и парамагнитного  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  в методе ВС. Укажите электронную конфигурацию иона  $\text{Ni}^{2+}$ , тип гибридизации валентных орбиталей  $\text{Ni}^{2+}$ , строение координационного полиэдра, рассчитайте значение  $\mu_{\text{эфф.}}$  (м.Б.). Для высокоспинового комплекса  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  оцените величину ЭСКП ( $\delta$ ) в единицах параметра расщепления и в кДж, если максимум полосы поглощения в ЭСП аммиаката никеля(II) находится на длине волны 590 нм.

2. Растворение навески 10,66 г кристаллического вещества (X) в 333 мл воды вызвало понижение температуры замерзания образовавшегося раствора на  $0,22^\circ\text{C}$  ( $K_{\text{кр.}}=1,86$ , считать  $\alpha=1$ ). Из данных химического элементного анализа вещества (X) известно, что оно содержит 19,5% Cr, 40,0% Cl, 4,5% H и 36,0% кислорода:

определите вещество (X) и предложите его строение; представьте формулы всех изомеров этого вещества (X); используя теорию кристаллического поля (ТКП), рассчитайте магнитный момент вещества (X) и оцените величину  $\mu_{\text{эфф.}}$  (м.Б.) для соединения, полученного при взаимодействии вещества (X) с избытком KCN в растворе.

3. Закон Бугера-Ламберта-Бера и его применение при спектрофотометрическом изучении реакций комплексообразования в растворах.

4. Почему при образовании аммиаката никеля из гексааквакомплекса никеля происходит изменение окраски раствора? Составьте уравнение реакции и дайте объяснение.

5. Будет ли окрашен комплексный ион  $[\text{FeF}_6]^{3-}$ ? Почему? Сколько неспаренных электронов содержится в атоме железа этого соединения?

6. Спектрохимический ряд лигандов. Гипсохромный и батохромный эффекты при замещении одних лигандов другими в координационной сфере.

7. Объясните, почему водные растворы солей никеля(II), кобальта(II), железа(III), хрома(III) окрашены?

8. Аква-комплекс Co(II) розового цвета. Объясните интенсивное фиолетовое окрашивание слоя амилового спирта при добавлении его к водному раствору хлорида кобальта(II), содержащего избыток роданид-ионов. Как влияет природа растворителя на устойчивость комплексных соединений?

9. Методы экспериментального определения мольного соотношения «комплексообразователь-лиганд» в координационной сфере по данным спектрофотометрии.

10. Рассчитайте величину ЭСКП для октаэдрического комплекса  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ ,  $\lambda_{\text{max}}$  полосы поглощения которого соответствует 435 нм ( $h=6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с; 1 нм =  $10^{-9}$  м).

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации приведен в приложении к рабочей программе

Для проведения текущего и промежуточного контроля знаний обучающихся можно использовать формат дистанционных образовательных технологий в ЭИОС\_ MOODLE\_ ГГТУ:

<https://dis.ggtu.ru/course/view.php?id=846>

<https://dis.ggtu.ru/course/view.php?id=6924>

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### Перечень основной литературы:

1. Киселев Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 1.: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. Москва: Издательство Юрайт, 2016. 439 с.  
<https://www.biblio-online.ru/bcode/392849>
2. Киселев Ю.М. Химия координационных соединений в 2 ч. Часть 2.: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. Москва: Издательство Юрайт, 2016. 229 с.  
<https://www.biblio-online.ru/bcode/392850>
3. Неудачина Л.К., Лакиза Н.В. Химия координационных соединений: учеб. пособие для академического бакалавриата. Москва: Издательство Юрайт, 2019; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 123 с.  
<https://www.biblio-online.ru/bcode/432198>
4. Химия координационных соединений  
[www.academia-moscow.ru/ftp\\_share/books/fragments/fragment\\_19753.pdf](http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/books/fragments/fragment_19753.pdf)
5. Тхакушина А.Т., Мамонова Ю.А. Биогенная роль комплексных соединений и применение в медицине  
[http://www.f-mx.ru/ximiya/kompleksnye\\_soedineniya.html](http://www.f-mx.ru/ximiya/kompleksnye_soedineniya.html)

### Перечень дополнительной литературы:

1. Применение координационных соединений в аналитической химии  
<http://repo.gsu.by/jspui/bitstream/123456789/1634/1химия%20комплексных%20соединений.pdf>
2. Физико-химические основы применения координационных соединений  
[http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/29062/1/978-5-7996-1297-9\\_2014.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/29062/1/978-5-7996-1297-9_2014.pdf)

## 8. Перечень современных профессиональных баз данных, информационных справочных систем

Все обучающиеся обеспечены доступом к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, которые подлежат обновлению при необходимости, что отражается в листе актуализации рабочей программы.

### Современные профессиональные базы данных:

1. Федеральный портал "Российское образование" [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
[window.edu.ru](http://window.edu.ru)
3. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [fcior.edu.ru](http://fcior.edu.ru)
4. Лекторий Минобрнауки/Минпросвещения России  
[https://vk.com/videos-30558759?section=album\\_3](https://vk.com/videos-30558759?section=album_3)
5. ЭБС Консультант студента <http://www.studentlibrary.ru/>
6. ЭБС Библиокомплектатор <http://www.bibliocomplectator.ru/>
7. ЭБС Университетская библиотека онлайн <https://biblioclub.ru/>
8. ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/>
9. Электронная библиотечная система «Юрайт» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
10. Электронная библиотечная система BOOK.ru <http://www.book.ru/>
11. Электронная библиотека учебных материалов по химии  
<http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/>
12. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

### Информационные справочные системы:

1. Онлайн-версия КонсультантПлюс: Студенту и преподавателю  
<http://www.consultant.ru/edu/>
2. Онлайн-версия КонсультантПлюс: Студент <http://student.consultant.ru/>
3. Безопасный поиск SkyDNS <http://search.skydns.ru/>

4. Яндекс <https://yandex.ru/>
5. Рамблер <https://www.rambler.ru/>
6. Google <https://www.google.ru/>
7. Mail.ru <https://mail.ru/>
8. Yahoo <https://ru.search.yahoo.com/>
9. Bing <https://www.bing.com/>

#### Сайты научных электронных библиотек

1. eLibrary <https://elibrary.ru/>
2. Springer <https://www.springer.com/gp/chemistry>
3. Elsevier <https://www.elsevier.com/books-and-journals>
4. Informa <https://informa.com/divisions/academic-publishing/>
5. American Chemical Society <https://pubs.acs.org/>

#### Справочные системы


1. Онлайн-версия КонсультантПлюс: Студенту и преподавателю <http://www.consultant.ru/edu/>
2. Онлайн-версия КонсультантПлюс: Студент <http://student.consultant.ru/>

### 9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

<i>Аудитория</i>	<i>Оборудование</i>	<i>Программное обеспечение</i>
<p>Специализированная аудитория для проведения лабораторных работ по дисциплине, оснащенная набором реактивов и лабораторного оборудования (лаборатория неорганической химии)</p>	<p><i>Оборудование лаборатории неорганической химии:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проекционный экран,</li> <li>- мультимедийный стационарный проектор, ноутбук;</li> <li>- жидкокристаллическая панель;</li> <li>- теххимические весы</li> </ul> <p>одночашечные электронные;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- торсионные весы;</li> <li>- сушильный шкаф;</li> <li>- рН-метр;</li> <li>- водяная баня электрическая четырехгнездная;</li> <li>- термометры, ареометры, аппарат Киппа;</li> <li>- специальная стеклянная и фарфоровая посуда;</li> <li>- металлические штативы, штативы для пипеток и пробирок;</li> <li>- электрические плитки.</li> </ul>	<p>Операционная система Microsoft Windows 7 Home Basis OEM-версия.</p> <p>Пакет офисных программ Microsoft Office Professional Plus 2010, лицензия Microsoft Open License № 49495707 от 21.12.2011</p> <p>Операционная система Microsoft Windows 8 Home OEM-версия.</p> <p>Пакет офисных программ Microsoft Office Professional Plus 2013, лицензия Microsoft Open License № 64386952 от 20.11.2014</p> <p>Операционная система Microsoft Windows 10 Home OEM-версия. Обновление операционной системы до версии Microsoft Windows 10 Professional, лицензия Microsoft Open License № 66217822 от 22.12.2015</p> <p>Пакет офисных программ Microsoft Office Professional Plus 2016, лицензия Microsoft Open License № 66217822 от 22.12.2015</p>
<p>Учебная аудитория для проведения лекционных занятий по дисциплине, оснащенная персональным компьютером с выходом в интернет, мультимедийным проектором и проекционным экраном</p>	<p>Проекционный экран, стационарный проектор, персональный компьютер</p>	<p>Операционная система Microsoft Windows 10 Home OEM-версия. Обновление операционной системы до версии Microsoft Windows 10 Professional, лицензия Microsoft Open License № 66217822 от 22.12.2015</p> <p>Пакет офисных программ Microsoft Office Professional Plus 2016, лицензия Microsoft Open License № 66217822 от 22.12.2015</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ГГТУ</p>	<p>Комплекты мебели для обучающихся, персональные компьютеры с подключением к локальной сети ГГТУ, выход в ЭИОС и Интернет</p>	<p>Операционная система Microsoft Windows 10 Home OEM-версия. Обновление операционной системы до версии Microsoft Windows 10 Professional, лицензия Microsoft Open License № 66217822 от 22.12.2015</p> <p>Пакет офисных программ Microsoft Office Professional Plus 2016, лицензия Microsoft Open License № 66217822 от 22.12.2015</p>

## 10. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

Автор (составитель):  /Попова Т.В./  
подпись

Программа утверждена на заседании кафедры химии от 23.05.2022 г., протокол №11.

Зав. кафедрой  /Ханина М.А./

**Министерство образования Московской области**  
**Государственное образовательное учреждение высшего образования**  
**Московской области**  
**«Государственный гуманитарно-технологический университет»**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**(ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ)**  
**ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОВЕДЕНИЯ**  
**ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Б1.В.ДВ.04.01 Комплексные соединения в фармацевтическом анализе**

<b>Специальность</b>	33.05.01 Фармация
<b>Направленность программы</b>	Организация и ведение фармацевтической деятельности в сфере обращения лекарственных средств
<b>Квалификация выпускника</b>	провизор
<b>Форма обучения</b>	очная

**Орехово-Зуево**  
**2022 г.**

## 1. Индикаторы достижения компетенций

<i>Код и наименование универсальной компетенции</i>	<i>Наименование индикатора достижения универсальной компетенции</i>
<p><b>УК- 6</b> Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни</p>	<p><b>ИД (УК-6)-1. Знает:</b> - современные теории химической связи в комплексных соединениях (основы квантовой химии), строение комплексных соединений и их свойства.</p> <p><b>ИД (УК-6)-2. Умеет:</b> - применять основные алгоритмы дисциплины для решения практических задач, связанных с использованием комплексных соединений в фармацевтическом анализе.</p> <p><b>ИД (УК-6)-3. Владеет:</b> - основными понятиями химии комплексных соединений для объяснения аналитических эффектов химических реакций, лежащих в основе фармакопейного анализа.</p>

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оценка уровня освоения компетенций на разных этапах их формирования проводится на основе дифференцированного контроля каждого показателя компетенции в рамках оценочных средств, приведенных в ФОС (Оценочные материалы).

Оценка «Отлично», «Хорошо», «Зачтено» соответствует повышенному уровню освоения компетенции согласно критериям оценивания, приведенных в таблице к соответствующему оценочному средству

Оценка «Удовлетворительно», «Зачтено» соответствует базовому уровню освоения компетенции согласно критериям оценивания, приведенных в таблице к соответствующему оценочному средству

Оценка «Неудовлетворительно», «Не зачтено» соответствует показателю «компетенция не освоена»

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>	<i>Критерии оценивания</i>
<b>Оценочные средства для проведения текущего контроля</b>				
1.	Тест (показатель компетенции «Знание»)	Система стандартизированных заданий, позволяющая измерить уровень знаний и умений обучающегося	Тестовые задания	Оценка <b>«Отлично»</b> : в тесте выполнено более 90% заданий. Оценка <b>«Хорошо»</b> : в тесте выполнено более 75 % заданий. Оценка <b>«Удовлетворительно»</b> : в тесте выполнено более 60 % заданий. Оценка <b>«Неудовлетворительно»</b> : в тесте выполнено менее 60 % заданий.
2.	Опрос (показатель компетенции «Умение»)	Форма работы, которая позволяет оценить кругозор, умение логически построить ответ, умение продемонстрировать монологическую речь и иные	Вопросы к опросу	Оценка <b>«Отлично»</b> : продемонстрированы предполагаемые ответы; правильно использован алгоритм обоснований во время рассуждений; Оценка <b>«Хорошо»</b> :

		коммуникативные навыки. Устный опрос обладает большими возможностями воспитательного воздействия, создавая условия для неформального общения		продемонстрированы предполагаемые ответы; есть логика рассуждений. Но неточно использован алгоритм обоснований во время рассуждений. Оценка <b>«Удовлетворительно»:</b> продемонстрированы предполагаемые ответы, но неправильно использован алгоритм обоснований во время рассуждений; отсутствует логика рассуждений. Оценка <b>«Неудовлетворительно»:</b> ответы не представлены
3.	Расчетная работа (решение задач) (показатель компетенции «Владение»)	Средство проверки владения применения полученных знаний по заранее определенной методике для решения задач	Задачи	Оценка <b>«Отлично»:</b> продемонстрировано понимание методики решения задачи и её применение. Решение качественно оформлено (аккуратность, логичность). Использован нетрадиционный подход к решению задачи. Оценка <b>«Хорошо»:</b> продемонстрировано понимание методики решения задачи и её применение. Решение задачи оформлено. Оценка <b>«Удовлетворительно»:</b> продемонстрировано понимание методики решения задачи и частичное её применение. Оценка <b>«Неудовлетворительно»:</b> задача не решена.
<b>Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации</b>				
4.	Зачет	Контрольное мероприятие, которое проводится по окончании изучения дисциплины	Вопросы и задачи к зачету	<b>«Зачтено»:</b> <b>знание</b> теории вопроса, понятийно-терминологического аппарата дисциплины (состав, и содержание понятий, их связей между собой, их систему); <b>умение</b> анализировать проблему, содержательно и стилистически грамотно излагать суть вопроса; <b>владение</b> аналитическим способом изложения вопроса, навыками аргументации. <b>«Не зачтено»:</b> <b>знание</b> вопроса на уровне основных понятий; <b>умение</b> выделять главное, сформулировать выводы не продемонстрировано; <b>владение</b> навыками аргументации не продемонстрировано.

**3. Типовые контрольные задания и/или иные материалы для проведения текущего контроля, промежуточной аттестации, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **Задания для проведения текущего контроля знаний**



## Тестовые задания

Тестирование №1 <https://dis.ggtu.ru/mod/quiz/view.php?id=81931>

**Выберите правильные (один или несколько) ответы, из предложенных. Приведите, если это нужно, необходимые расчёты**

**1. При образовании химической связи с центральным атомом в координационной сфере лиганды выступают в роли ...**

- а) доноров электронной пары
- б) акцепторов электронной пары
- в) носителя отрицательного заряда
- г) источника неспаренных электронов

**2. Координационное число это ...**

- а) число лигандов во внутренней сфере комплекса
- б) число ионов во внутренней сфере комплекса
- в) число нейтральных молекул во внутренней сфере комплекса
- г) число донорно-акцепторных связей, которыми комплексообразователь связан со всеми лигандами в координационной сфере комплексного соединения
- д) число монодентатных лигандов в координационной сфере комплексного соединения, если все лиганды координационной сферы монодентатные

**3. Комплексообразователь это ...**

- а) центральный атом в комплексном ионе, обычно положительно заряженный
- б) нейтральная молекула в комплексном ионе
- в) внутренняя сфера комплексного соединения
- г) внешняя сфера комплексного соединения

**4. Выберите ряд, в котором все лиганды являются амбидентатными ...**

- а)  $\text{CNS}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}^-$
- б)  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{CO}$
- в)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{CN}^-$
- г)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$

**5. В каком из представленных комплексных соединений координационное число комплексообразователя равно шести?**

- а)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$
- б)  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$
- в)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$
- г)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{Cl}$

**6. Комплексные соединения какого ряда относятся к ацидокомплексам?**

- а)  $[\text{Pd}(\text{en})_2]\text{Cl}_2$ ,  $[\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}]$ ,  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$
- б)  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ ,  $\text{Na}_2[\text{Be}(\text{NO}_2)\text{F}_3]$ ,  $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_6)_2]$
- в)  $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{NO}_2)_3(\text{CN})_3]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $\text{K}_3[\text{AlF}_6]$
- г)  $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ ,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{NO}_2)_2]\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$

**7. Выберите правильное название координационного соединения  $[\text{Pt}(\text{en})_2(\text{CN})(\text{NO}_2)](\text{OH})_2$  ...**

- а) нитроцианоэтилендиаминплатина(IV) гидроксид
- б) гидроксид этилендиаминнитритоцианоплатины(IV)
- в) гидроксид нитритоциано-(бис-этилендиамин) платины(IV)
- г) бис(этилендиамин)нитритоцианоплатина(IV) гидроксид

**8. Выберите ряд комплексных соединений или комплексных ионов, в котором валентные углы (лиганд–комплексообразователь–лиганд) увеличиваются**

- а)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ,  $[\text{Cu}(\text{CN})_3]^{2-}$ ,  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$
- б)  $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ ,  $[\text{Pd}(\text{CNS})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COO})_2]$
- в)  $\text{K}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ ,  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{NO}_2)_2]\text{NO}_2$ ,  $[\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}]$ ,  $[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]^-$
- г)  $[\text{Zn}(\text{En})_2](\text{OH})_2$ ,  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $\text{Na}[\text{AuCl}_4]$ ,  $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$

**9. Из предложенного списка комплексных соединений выберите те, которые применяются в химическом анализе:  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4]$ ,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ ,  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ ,  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$ .**

- а) только  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  и  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$
- б) все перечисленные
- в) только  $(\text{NH}_4)_2[\text{Co}(\text{CNS})_4]$  и  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- г) все, кроме  $\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$

**10. Бидентантными лигандами являются ...**

- а) гидроксильные ионы
- б) цианид-ионы
- в) оксалат-ионы
- г) сульфат-ионы

**11. Комплексный ион  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$  является внешнеорбитальным и парамагнитным. Какие атомные орбитали  $\text{Ni}^{2+}$  являются акцепторами неподеленных пар электронов хлорид-ионов при образовании этого комплексного иона? Укажите тип гибридизации центрального атома, рассчитайте значение  $\mu_{\text{эфф.}}(\text{м.Б})$  и определите геометрию комплексного иона.**

- а) 4s и 4p;  $sp^3$ ; 8,03; тетраэдр
- б) 4p и 4d,  $d^2sp^3$ ; 4,03; октаэдр
- в) 4p и 4d,  $dsp^3$ ; 16,03; тетраэдр
- г) 4s и 4d,  $dsp^2$ ; 2,03; октаэдр

**12. Рассчитайте концентрацию ионов  $\text{Cd}^{2+}$  в 0,1М растворе комплексного соединения  $\text{K}_2[\text{CdI}_4]$ , константа устойчивости которого  $\beta=1,25 \cdot 10^8$ . Как изменится концентрация ионов  $\text{Cd}^{2+}$  при добавлении  $\text{KI}$  до концентрации 0,1 моль/л?**

- а)  $1,40 \cdot 10^{-2}$  моль/л, в 12 раз
- б)  $1,98 \cdot 10^{-3}$  моль/л, в 125 раз
- в)  $5,00 \cdot 10^{-3}$  моль/л, в 625 раз
- г)  $2,00 \cdot 10^{-2}$  моль/л, в 250 раз

**13. Для осаждения внешнесферных анионов вещества состава  $\text{CrBr}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  из 100 мл 0,02 М раствора затрачено 20 мл 0,2 М раствора нитрата серебра. По результатам опыта составьте координационную формулу вещества ...**

- а)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}]\text{Br}_2$
- б)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Br}_3](\text{H}_2\text{O})_2$
- в)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Br}_2]\text{Br}(\text{H}_2\text{O})$
- г)  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}_2]\text{Br}$

**14. Напишите формулу комплексного соединения по названию: хлорид хлоропентаамминплатины(IV). Укажите координационное число, заряд комплексного иона, степень окисления комплексообразователя ...**

- а)  $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_3$ ; 6; +3; +4
- б)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3](\text{NH}_3)_2$ ; 6; 0; +3
- в)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ; 6; 0; +3
- г)  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$ ; 6; +2; +4

**15. Назовите комплексное соединение  $\text{K}[\text{AuBr}_4]$ . Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатность лигандов, степень окисления комплексообразователя**

...

- а) тетрабромоаурат(III) калия; 4;-1;1;+3
- б) калия тетрабромоаурум(III); 4;-1;1;+3
- в) тетрабромоаурат(III) калия; 4;-1;1;+1
- г) тетрабромоаурат(I) калия; 4;-1;2;+3

**16. Какие d-АО участвуют в образовании  $\sigma$ -связей в комплексных ионах, построенных в виде плоских квадратов? Укажите тип гибридизации комплексообразователя в таких комплексных соединениях**

- а)  $d_{xy}$ ;  $sp^3$
- б)  $d_{xz}$ ;  $dsp^3$
- в)  $d_{x^2-y^2}$ ;  $dsp^2$
- г)  $d_{xy}$  и  $d_{x^2-y^2}$ ;  $d^2sp^3$

**17. Растворится ли полностью 0,1 моль гидроксида меди(II) в 100 г 12%-ного раствора аммиака с образованием  $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ ?**

- а) растворится полностью
- б) растворится четвертая часть
- в) вообще не растворится
- г) растворится наполовину

**18. Водный раствор первого изомера состава  $Pt(SO_4)(OH)_2 \cdot 4NH_3$  имеет pH 7, а 0,1 М раствор второго изомера – pH 13,3. По результатам опыта составьте координационные формулы обоих изомеров ...**

- а)  $[Pt(NH_3)_4(OH)SO_4]OH$  и  $[Pt(SO_4)(NH_3)_2(OH)_2](NH_3)_2$
- б)  $[Pt(NH_3)_4(OH)_2]SO_4$  и  $[Pt(SO_4)(OH)_2](NH_3)_4$
- в)  $[Pt(NH_3)_4(OH)_2]SO_4$  и  $[Pt(SO_4)(NH_3)_2](OH)_2(NH_3)_2$
- г)  $[Pt(NH_3)_4(OH)_2]SO_4$  и  $[Pt(SO_4)(NH_3)_4](OH)_2$

**19. Какая формула соответствует математической записи основного закона светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера ...**

- а)  $I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot l \cdot c}$
- б)  $A = \epsilon \cdot l \cdot c$
- в)  $\lg I_0 / I = \epsilon \cdot l \cdot c$
- г)  $A = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot l \cdot c}$

**20. Гиперхромный оптический эффект – это ...**

- а) смещение максимума светопоглощения в длинноволновую область спектра
- б) смещение максимума светопоглощения в коротковолновую область спектра
- в) повышение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения
- г) понижение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения

**21. Батохромный оптический эффект – это ...**

- а) смещение максимума светопоглощения в длинноволновую область спектра
- б) смещение максимума светопоглощения в коротковолновую область спектра
- в) повышение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения
- г) понижение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения

**22. Молярный коэффициент светопоглощения это ...**

- а) оптическая плотность 1М раствора, измеренная в кювете 1 см
- б) светопоглощение 1М раствора с длиной оптического пути 1 мм
- в) светопоглощение 1М раствора с длиной оптического пути 1 см
- г) оптическая плотность 0,1М раствора с длиной оптического пути 1 мм

**23. Запишите электронную конфигурацию центрального атома  $Co^{3+}$  в аммиакате  $Co(III)$ , полученном взаимодействием хлорида  $Co(III)$  с избытком аммиака в растворе и в гексацианокобальтате(III) калия. Для первого комплекса  $\mu_{эфф.}$  составляет 13,9 м.Б, а второй комплекс является диамагнитным ...**

Запишите внешнюю электронную конфигурацию для кобальта(III) в каждом из комплексных ионов. Для обоснования приведите необходимые расчёты. Составьте уравнения реакций комплексообразования.

**Тестирование №2.** <https://dis.ggtu.ru/mod/quiz/view.php?id=81932>

**Выберите правильные (один или несколько) ответы, из предложенных. Приведите, если это нужно, необходимые расчёты**

1. Для осаждения внешнесферных анионов вещества состава  $\text{CrBr}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  из 100 мл 0,02 М раствора затрчено 20 мл 0,2 М раствора нитрата серебра. По результатам опыта составьте координационную формулу вещества ...

- a.  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}]\text{Br}_2$
- b.  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Br}_3](\text{H}_2\text{O})_2$
- c.  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Br}_2]\text{Br}(\text{H}_2\text{O})$
- d.  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Br}_2]\text{Br}$

2. Напишите формулу комплексного соединения по названию: хлорид хлоропентаамминплатины(IV). Укажите координационное число, заряд комплексного иона, степень окисления комплексообразователя ...

- a.  $[\text{PtCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_3$ ; 6; +3; +4
- b.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}_3](\text{NH}_3)_2$ ; 6; 0; +3
- c.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ; 6; 0; +3
- d.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}_2$ ; 6; +2; +4

3. Напишите формулу комплексного соединения по названию: тетраидомеркурат(II) калия. Укажите координационное число, заряд комплексного иона, степень окисления комплексообразователя ...

- a.  $\text{K}_3[\text{HgI}_4]$ ; 4; -1; +2
- b.  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ ; 4; -2; +4
- c.  $\text{K}[\text{HgI}_4]$ ; 4; -1; +2
- d.  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ ; 4; -2; +2

4. Назовите комплексное соединение  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ . Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатность лигандов, степень окисления комплексообразователя ...

- тетрааквамоноклорохрома(III) хлорид; 4; +2; 2; +3
- хлорид дихлоротетрааквахрома(III); 6; +1; 1; +3**
- хлорид тетрааквахлорохрома(II); 4; +2; 2; +3
- тетрааквахлорохрома(III) хлорид; 4; +2; 1; +3

5. Назовите комплексное соединение  $\text{K}[\text{AuBr}_4]$ . Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатность лигандов, степень окисления комплексообразователя ...

- a. **тетрабромоаурат(III) калия; 4;-1;1;+3**
- b. калия тетрабромоаурум(III); 4;-1;1;+3
- c. тетрабромоаурат(III) калия; 4;-1;1;+1
- d. тетрабромоаурат(I) калия; 4;-1;2;+3

6. Какие d-АО участвуют в образовании  $\sigma$ -связей в комплексных ионах, построенных в виде плоских квадратов? Укажите тип гибридизации комплексообразователя в таких комплексных соединениях

- a.  $d_{xy}$ ;  $sp^3$
- b.  $d_{xz}$ ;  $dsp^3$

- c.  $d_{x^2-y^2}$ ;  $dsp^2$   
 d.  $d_{xy}$  и  $d_{x^2-y^2}$ ;  $d^2sp^3$

7. Какие d-АО участвуют в образовании  $\sigma$ -связей в комплексных ионах, построенных в виде тригональной бипирамиды? Укажите тип гибридизации комплексообразователя в таких комплексных соединениях

- a.  $d_{yz}$ ;  $sp^3$   
 b.  $d_z^2$ ;  $dsp^3$   
 c.  $d_{x^2-y^2}$ ;  $d^2sp^2$   
 d.  $d_{xz}$  и  $d_{x^2-y^2}$ ;  $d^2sp^3$

8. Рассчитайте концентрации ионов меди(II) и аммиака в 0,01 М растворе хлорида тетраамминмеди(II) ( $\beta([\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}) = 1,07 \cdot 10^{12}$ ) ...

- a.  $5,13 \cdot 10^{-4} \text{М}$  и  $2,05 \cdot 10^{-3} \text{М}$   
 b.  $5,13 \cdot 10^{-3} \text{М}$  и  $2,05 \cdot 10^{-2} \text{М}$   
 c.  $5,13 \cdot 10^{-4} \text{М}$  и  $2,05 \cdot 10^{-4} \text{М}$   
 d.  $5,13 \cdot 10^{-5} \text{М}$  и  $2,05 \cdot 10^{-2} \text{М}$

9. Растворится ли полностью 0,1 моль гидроксида меди(II) в 100 г 12%-ного раствора аммиака с образованием  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$ ?

- a. растворится полностью  
 b. растворится четвертая часть  
 c. вообще не растворяется  
 d. растворится наполовину

10. Водный раствор первого изомера состава  $\text{Pt}(\text{SO}_4)(\text{OH})_2 \cdot 4\text{NH}_3$  имеет pH 7, а 0,1 М раствор второго изомера – pH 13,3. По результатам опыта составьте координационные формулы обоих изомеров ...

- a.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})\text{SO}_4]\text{OH}$  и  $[\text{Pt}(\text{SO}_4)(\text{NH}_3)_2(\text{OH})_2](\text{NH}_3)_2$   
 b.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]\text{SO}_4$  и  $[\text{Pt}(\text{SO}_4)(\text{OH})_2](\text{NH}_3)_4$   
 c.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]\text{SO}_4$  и  $[\text{Pt}(\text{SO}_4)(\text{NH}_3)_2](\text{OH})_2(\text{NH}_3)_2$   
 d.  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]\text{SO}_4$  и  $[\text{Pt}(\text{SO}_4)(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$

11. Установите электронную конфигурацию центрального атома  $\text{Co}^{3+}$  в аммиакате  $\text{Co}(\text{III})$ , полученном взаимодействием хлорида  $\text{Co}(\text{III})$  с избытком аммиака в растворе и в гексацианокобальтате(III) калия. Для первого комплекса  $\mu_{\text{эфф.}}$  составляет 13,9 м.Б, а второй комплекс является диамагнитным ...

- a.  $T_{2g}^4 E_g^2$  и  $T_{2g}^2 E_g^4$   
 b.  $T_{2g}^2 E_g^2$  и  $T_{2g}^6 E_g^0$   
 c.  $T_{2g}^2 E_g^4$  и  $T_{2g}^4 E_g^2$   
 d.  $T_{2g}^4 E_g^2$  и  $T_{2g}^6 E_g^0$

12. Какая формула соответствует математической записи основного закона светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера ...

- a.  $I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot l \cdot c}$   
 b.  $A = \epsilon \cdot l \cdot c$   
 c.  $\lg I_0 / I = \epsilon \cdot l \cdot c$   
 d.  $A = I_0 \cdot 10^{-\epsilon \cdot l \cdot c}$

13. Гиперхромный оптический эффект – это ...

- a. смещение максимума светопоглощения в длинноволновую область спектра  
 b. смещение максимума светопоглощения в коротковолновую область спектра  
 c. повышение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения  
 d. понижение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения

14. Батохромный оптический эффект – это ...

- a. смещение максимума светопоглощения в длинноволновую область спектра

- b. смещение максимума светопоглощения в коротковолновую область спектра
- c. повышение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения
- d. понижение оптической плотности на длине волны максимума светопоглощения

**15. Молярный коэффициент светопоглощения это ...**

- a. оптическая плотность 1М раствора, измеренная в кювете 1 см
- b. светопоглощение 1М раствора с длиной оптического пути 1 мм
- c. светопоглощение 1М раствора с длиной оптического пути 1 см
- d. оптическая плотность 0,1М раствора с длиной оптического пути 1 мм

**Вопросы к опросу**

**Контрольная работа №1**

[https://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/152534/mod\\_resource/content/3/%D0%9A%D0%A1%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20E2%84%961.pdf](https://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/152534/mod_resource/content/3/%D0%9A%D0%A1%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%20E2%84%961.pdf)

**Тема 1.** Предмет и задачи химии комплексных соединений. Значение комплексных соединений для медицины и фармации

**Тема 2.** Химические свойства комплексных соединений. Реакции образования комплексных соединений в растворах

**Вариант 1**

1. Комбинацией перечисленных частиц составьте формулы всех возможных координационных соединений и назовите их:

а) Pt(II), NH<sub>3</sub>, Br<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>; б) Cu(II), NH<sub>3</sub>, CN<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>.

2. Напишите формулы всех координационных изомеров, состав которых отвечает формуле CrCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O.

3. Рассчитайте концентрации ионов меди(II) и молекул аммиака в 0,01 М растворе хлорида тетраамминмеди(II).

4. Водный раствор первого изомера состава Pt(SO<sub>4</sub>)(OH)<sub>2</sub> · 4NH<sub>3</sub> имеет pH 7, а 0,1 М раствор второго изомера – pH 13,3. По результатам опыта составьте координационные формулы обоих изомеров.

5. Напишите формулы комплексных соединений по названиям: нитрат диаминсеребра и тетрагидроксодиакваалюминат калия. Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатность лигандов, степень окисления комплексообразователя.

6. Назовите комплексные соединения: K<sub>2</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>4</sub>En], [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]SO<sub>4</sub>.

Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатность лигандов, степень окисления комплексообразователя.

7. Установите формулу простейшего карбонила железа [Fe(CO)<sub>x</sub>], используя эффективный атомный номер комплексообразователя (ЭАН) и «Правило 18 электронов».

8. Какие d-АО участвуют в образовании σ-связей в комплексных ионах, построенных в виде плоских квадратов и тригональной бипирамиды? Укажите тип гибридизации комплексообразователя в таких комплексных соединениях.

**Вариант 2**

1. Комбинацией перечисленных частиц составьте формулы всех возможных координационных соединений и назовите их:

а) Al(III), H<sub>2</sub>O, OH<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>; б) Fe(II), Fe(III), CN<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>.

2. Напишите формулы координационных изомеров для комплексных соединений: [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>][Cr(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] и [Ni(En)<sub>3</sub>][CuCl<sub>6</sub>].

3. Растворится ли полностью 0,1 моль гидроксида меди(II) в 100 г 12%-ного раствора аммиака с образованием [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>](OH)<sub>2</sub>?

4. Для осаждения внешнесферных анионов вещества состава  $\text{CrBr}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  из 100 мл 0,02 М раствора затрачено 20 мл 0,2 М раствора нитрата серебра. По результатам опыта составьте координационную формулу вещества.

5. Напишите формулы комплексных соединений по названиям: хлорид хлоропентаамминплатины(IV) и тетраиодомеркурат(II) калия. Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатностьлигандов, степень окисления комплексообразователя.

6. Назовите комплексные соединения:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}[\text{AuBr}_4]$ ,  
Укажите координационное число, заряд комплексного иона, дентатностьлигандов, степень окисления комплексообразователя.

7. Установите формулу простейшего карбонила никеля  $[\text{Ni}(\text{CO})_x]$ , используя эффективный атомный номер комплексообразователя (ЭАН) и «Правило 18 электронов».

8. Какие d-АО участвуют в образовании  $\sigma$ -связей в комплексных ионах, построенных в виде тетрагональной бипирамиды (октаэдр)? Укажите тип гибридизации комплексообразователя в таких комплексных соединениях.

### Задачи

**Тема 3.** Химическая связь в комплексных соединениях и особенности их строения

**Тема 4.** Квантово-химические методы в теории комплексных соединений

**Темы 5.** Физико-химические методы изучения комплексных соединений в растворах

## Контрольная работа №2

[https://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/136327/mod\\_resource/content/7/%D0%9A%D0%A1%20%D0%9A%D0%A0%20E2%84%962.pdf](https://dis.ggtu.ru/pluginfile.php/136327/mod_resource/content/7/%D0%9A%D0%A1%20%D0%9A%D0%A0%20E2%84%962.pdf)

### *Вариант 1*

1. а) Назовите комплексные соединения:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_4\text{En}]$ . Укажите степень окисления комплексообразователя, к.ч., тип гибридизации валентных атомных орбиталей комплексообразователя, строение координационного полиэдра. Запишите выражения для суммарных констант нестойкости и устойчивости.

б) Составьте формулы комплексных соединений по названию: динитритотетраамминникеля(II), тетрароданодиаквахромат(III) натрия, сульфатдихлородиэтилендиаминкобальта(III).

2. Рассмотрите образование комплексных ионов никеля(II): диамагнитного  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  и парамагнитного  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  в методе ВС. Укажите электронную конфигурацию иона  $\text{Ni}^{2+}$ , тип гибридизации валентных орбиталей  $\text{Ni}^{2+}$ , строение координационного полиэдра, рассчитайте значение  $\mu_{\text{эфф}}$  (м.Б.). Для высокоспинового комплекса  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  оцените величину ЭСКП ( $\delta$ ) в единицах параметра расщепления и в кДж, если максимум полосы поглощения в ЭСП аммиаката никеля(II) находится на длине волны 590 нм.

3. Сравните термодинамическую устойчивость аммиаката  $\text{Co}(\text{III})$ , полученного взаимодействием хлорида  $\text{Co}(\text{III})$  с избытком аммиака в растворе и гексацианокобальтата(III) калия, если  $\mu_{\text{эфф}}$  для первого комплекса составляет 13,9 м.Б.:

а) используя ММО, объясните разную окраску этих соединений;

б) используя МВС, укажите тип гибридизации центрального атома и объясните инертными или лабильными будут эти комплексы в реакциях лигандного обмена.

4. Какой изомер цис- или транс- получится при взаимодействии трихлоромоноамминплатиноата калия с аммиаком? Составьте уравнение реакции. Обоснуйте принцип трансвлияния.

### *Вариант 2*

1. а) Назовите комплексные соединения:  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_4\text{En}]$ ,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4][\text{PtCl}_4]$ ,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_3\text{Br}]\text{Br}$ . Укажите степень окисления комплексообразователя, к.ч., тип гибридизации валентных АО

комплексообразователя, строение координационного полиэдра и запишите выражения для суммарных констант нестойкости и устойчивости.

б) Составьте формулы комплексных соединений по названию: динитритотетраамминникеля(II), тетраданодиаквахромат(III) натрия, сульфат хлоропентаамминкобальта(III).

2. Растворение навески 10,66 г кристаллического вещества (X) в 333 мл воды вызвало понижение температуры замерзания образовавшегося раствора на  $0,22^{\circ}\text{C}$  ( $K_{\text{кр.}}=1,86$ , считать  $\alpha=1$ ). Из данных химического элементного анализа вещества (X) известно, что оно содержит 19,5% Cr, 40,0% Cl, 4,5% H и 36,0% кислорода:

а) определите вещество (X) и предложите его строение,

б) представьте формулы всех изомеров этого вещества (X),

в) используя теорию кристаллического поля (ТКП), рассчитайте магнитный момент вещества (X) и оцените величину  $\mu_{\text{эф.}}$  (м.Б.) для соединения, полученного при взаимодействии вещества (X) с избытком KCN в растворе.

3. Сравните термодинамическую устойчивость хлоридагексааквакомплекса железа(III) и гексацианоферрата(III) калия, если  $\mu_{\text{эф.}}$  для первого 4,9 м.Б., а для второго 16,8 м.Б..

4. Учитывая, что карбонил никеля – диамагнитное соединение и степень окисления комплексообразователя в нем равна нулю, установите молекулярную формулу простейшего карбонила никеля, используя правило “18-электронов” и представление об эффективном атомном номере (ЭАН).

### Задания для проведения промежуточной аттестации

<https://dis.ggtu.ru/mod/quiz/view.php?id=74529>

<https://dis.ggtu.ru/course/view.php?id=6351>

### Вопросы и задачи к зачету

1. Комплексные соединения. Состав молекул катионных и анионных комплексных соединений. Диссоциация молекул комплексных соединений в водном растворе. Диссоциация комплексных ионов в растворе. Константа нестойкости. Константа устойчивости. Факторы, определяющие устойчивость комплексных ионов в растворе.

2. Номенклатура комплексных соединений. Назовите комплексные соединения:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ ,  $\text{K}_2[\text{Co}(\text{NO}_2)_4\text{En}]$ ,  $\text{Na}_2[\text{PtCl}_4(\text{NH}_3)_2]$ ,  $\text{H}_2[\text{SnCl}_6]$ . Укажите степень окисления комплексообразователя, к.ч., тип гибридизации валентных АО комплексообразователя, строение координационного полиэдра и выражения для суммарных констант нестойкости и устойчивости.

3. Составьте формулы комплексных соединений по названию: тетраданодиаквахромат(III) натрия, сульфатдихлоридиэтилендиаминкобальта(III).

4. Какой изомер цис- или транс- получается при взаимодействии комплекса  $\text{K}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]$  с соляной кислотой. Принцип трансвлияния лигандов.

5. Какой изомер цис- или транс- получается при взаимодействии комплекса  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$  с соляной кислотой. Принцип трансвлияния лигандов.

6. Учитывая, что карбонил железа - диамагнитное соединение и степень окисления комплексообразователя в нём равна нулю, установите молекулярную формулу простейшего карбонила железа, используя “правило 18-электронов”.

7. Учитывая, что карбонил никеля – диамагнитное соединение и степень окисления комплексообразователя в нем равна нулю, установите молекулярную формулу простейшего карбонила никеля, используя правило “18-электронов” и представление об эффективном атомном номере (ЭАН).

8. Для комплексных ионов никеля(II) – диамагнитного  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  и парамагнитного  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  укажите: электронную конфигурацию иона  $\text{Ni}^{2+}$ ; тип гибридизации валентных орбиталей  $\text{Ni}^{2+}$ ; строение координационного полиэдра; значение  $\mu_{\text{эф.}}$  (м.Б.).

9. Сравните аммиакаты Cu(I) и Cu(II). Как построены координационные полиэдры? Сравните термодинамическую устойчивость тетраэдрических комплексных ионов  $\text{Cu}^{2+}$ :  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  и  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .



10. Орбитальные молекулярные диаграммы  $\sigma$ -комплексов в базисе spd комплексообразователя.

11. Сравните термодинамическую устойчивость хлорида гексааквакомплекса железа(III) и гексацианоферрата(III) калия, если  $\mu_{\text{эфф.}}$  для первого комплекса 4,9 м.Б., а для второго 1,7 м.Б..

12. Какое вещество следует добавить к раствору реактива Несслера, чтобы комплексное соединение разрушить: NaOH (разб.) или  $\text{H}_2\text{S}$ ?  $K_s(\text{HgO}) = 7,8 \cdot 10^{-24}$ ;  $K_s(\text{HgS}) = 1,59 \cdot 10^{-52}$ ;  $K_n([\text{HgI}_4]^{2-}) = 1,35 \cdot 10^{-30}$ .

13. а) Термодинамическая устойчивость комплексных соединений и факторы, влияющие на термодинамическую устойчивость. Хелатный эффект. Правило циклов Чугаева.

б) Кинетическая устойчивость комплексных соединений. Лабильные и инертные комплексы. Факторы, влияющие на лабильность. Принцип Таубе.

14. Основной закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность. Экспериментальная проверка закона методом построения градуировочного графика. Оптические эффекты реакций образования комплексных соединений в растворах.

15. Бато- и гипсохромные эффекты в реакциях внутрисферного обмена лигандов. Спектрохимический ряд лигандов Изменение вида ЭСП. Лабильные и инертные комплексы.

16. Для комплексных ионов Cu(I) (диамагнитного  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$ ) и Cu(II) (парамагнитных  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  и  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ) укажите:

- электронную конфигурацию комплексообразователя;
- тип гибридизации атомных орбиталей комплексообразователя;
- пространственное строение координационного полиэдра;
- рассчитайте  $\mu_{\text{эфф.}}$  (м.Б.).

17. Растворение навески 10,66 г кристаллического вещества (X) в 333 мл воды вызвало понижение температуры замерзания образовавшегося раствора на  $0,22^\circ\text{C}$  ( $K_{\text{кр.}}=1,86$ , считать  $\alpha=1$ ). Из данных химического элементного анализа вещества (X) известно, что оно содержит 19,5% Cr, 40,0% Cl, 4,5% H и 36,0% кислорода:

определите вещество (X) и предложите его строение; представьте формулы всех изомеров этого вещества (X); используя теорию кристаллического поля (ТКП), рассчитайте магнитный момент вещества (X) и оцените величину  $\mu_{\text{эфф.}}$  (м.Б.) для соединения, полученного при взаимодействии вещества (X) с избытком KCN в растворе.

18. Рассмотрите образование комплексных ионов никеля(II): диамагнитного  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  и парамагнитного  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  в методе ВС. Укажите электронную конфигурацию иона  $\text{Ni}^{2+}$ , тип гибридизации валентных орбиталей  $\text{Ni}^{2+}$ , строение координационного полиэдра, рассчитайте значение  $\mu_{\text{эфф.}}$  (м.Б.). Для высокоспинового комплекса  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  оцените величину ЭСКП ( $\delta$ ) в единицах параметра расщепления и в кДж, если максимум полосы светопоглощения в ЭСП аммиаката никеля(II) находится на длине волны 590 нм.

**Схема соответствия типовых контрольных заданий и оцениваемых знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

<i>Код и наименование компетенции</i>	<i>Наименование индикатора достижения компетенции</i>	<i>Типовое контрольное задание</i>
<p align="center"><b>УК- 6</b></p> <p>Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы её совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни</p>	<b>ИД(ук-6)-1. Знание</b>	Вопросы к зачету. Тестовые задания
	<b>ИД(ук-6)-2. Умение</b>	Вопросы к опросу. Вопросы к зачету
	<b>ИД(ук-6)-3. Владение</b>	Задачи. Вопросы к зачету