

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Химический факультет



Ю. Г. Слижов

2015 г.

**Рабочая программа дисциплины
Химия комплексных соединений**

Направление подготовки
04.03.01 Химия

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Томск 2015

1. Код и наименование дисциплины

Б1.В.ДВ.4.1.1 Химия комплексных соединений

Цель курса состоит в освоении теоретического и практического материала по химии комплексных соединений (представления о способности элементов периодической системы к образованию координационных соединений различных классов; об устойчивости, свойствах комплексов и их реакциях, теорий химической связи) и приобретении способности применять теоретические знания при получении комплексных соединений, их анализе и при прогнозировании свойств.

Для реализации поставленной цели, на базе знаний, приобретенных в рамках курсов «Неорганическая химия», «Аналитическая химия» и «Физическая химия» необходимо:

- сформировать у студентов представления о развитии химии комплексных соединений, а также роли комплексов в науке и практике;
- сформировать знания основной теоретической модели описания химической связи (ТКП) в комплексных соединениях на примере *d*- и *f*-элементов и определить границы ее применимости;
- оценить реакционную способность и свойства комплексных соединений;
- на конкретных примерах комплексных соединений применить теорию ионных равновесий для определения их термодинамической устойчивости в растворах;
- показать зависимость комплексообразующей способности элемента от положения его в периодической системе Д. И. Менделеева;

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Химия комплексных соединений» относится к вариативной части учебного плана бакалавриата и обязательна для изучения.

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

4 год, 7 семестр.

4. Входные требования для освоения дисциплины

Студенты предварительно проходят подготовку по дисциплинам профессионального цикла: «Неорганическая химия», «Аналитическая химия» и «Физическая химия», а также по дисциплинам математического и естественнонаучного цикла (физика) учебного плана бакалавриата, где приобретают необходимые профессиональные компетенции по квантово-механическим теориям строения атома, химической связи, строению вещества, периодическому закону и природе физических явлений.

5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единиц, 144 часа, из которых 72 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов – занятия лекционного типа, 10 часов – занятия семинарского типа, 8 часов – практические занятия, 36 часов – занятия лабораторные), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося и 36 часов – экзамен.

6. Формат обучения очная форма

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

<p>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)</p>	<p>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</p>
<p>СК-1 способность использовать в исследованиях и расчётах приобретённые знания о физических и химических процессах получения веществ и материалов, их анализе, прогнозировании свойств</p>	<p>З (СК-1) – I Знать – теорию кристаллического поля, которая является основной теорией описания химической связи в комплексных соединениях; – основные принципы синтеза комплексных соединений;</p> <p>У (СК-1) – I Уметь – уметь применять математические расчеты и выполнять эксперимент по определению констант устойчивости комплексных частиц в растворе малорастворимого соединения, а также состав доминирующей комплексной частицы в растворе спектрофотометрическим методом</p> <p>В (СК-1) – I Владеть – системой основных понятий, теорией Вернера, номенклатурой и изомерией комплексных соединений; – выбором методик исследования состава комплексного соединения</p>
<p>ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач</p>	<p>З (ОПК-1) – I Знать – типы реакций и механизмы взаимодействия комплексных частиц (диссоциативный, ассоциативный, обменный)</p> <p>У (ОПК-1) – I Уметь – объяснять взаимосвязь между комплексообразующей способностью металлов и их положением в периодической системе; – применять теорию ионных равновесий для определения констант устойчивости потенциометрическим и спектрофотометрическим методами;</p>
<p>ОПК-2 владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций</p>	<p>У (ОПК-2) – I Уметь – проводить синтез комплексного соединения с органическим лигандом, например, ацетилацетоном (выбор растворителя, pH, соотношения компонентов) и анализировать его состав</p>

8. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные	
Предмет и основные понятия химии координационных соединений	6	2	2	–	–	2
Основные принципы синтеза комплексных соединений	18	-	2	–	8	8
Основные классы и способы получения комплексных соединений	4	2	–	–	–	2
Химическая связь в комплексных соединениях	13	4	4	–	–	5
Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц	9,5	3,5	2	–	–	4
Термодинамика координационных соединений, теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений	57,5	6,5		8	28	15
Итого	108	18	10	8	36	36

8.1. Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)					Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные	Коллоквиум, ИЗ	
Предмет, задачи и основные понятия химии комплексных соединений	8	2	2	–	–	–	4
Основные принципы синтеза комплексных соединений	24	–	2	–	8	–	14
Основные классы и способы получения комплексных соединений	8	2	–	–	–	–	6
Химическая связь в комплексных соединениях	21	3	2	–	–	2 (КЛК)	14
Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц	13,5	3,5	2	–	–	–	8
Термодинамика координационных соединений, теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений	61,5	5,5	–	6	28	2(КЛК)	20
Факторы, влияющие на устойчивость комплексных частиц	8	2	–	–	–	–	6
Итого:	144	18	6	8	36	4	72

8.2. Содержание дисциплины

1. Предмет и основные понятия химии координационных соединений, номенклатура комплексов. Значение комплексных соединений в науке и практике. Открытие комплексных соединений. Координационная теория Вернера. Значение комплексных соединений в науке и практике. Номенклатура, классификация, изомерия комплексных соединений.

2. Химическая связь в комплексных соединениях. Теория кристаллического поля. Геометрические формы комплексов. Расщепление *d*-атомных орбиталей металла в плоскоквадратном, октаэдрическом и тетраэдрическом окружении лигандов. Спектрохимический ряд лигандов. Энергия стабилизации кристаллическим полем. Границы применимости теорий описания химической связи в комплексных соединениях. Применение теории кристаллического поля для объяснения цветности, магнитных свойств комплексов и их термодинамической стабильности.

3. Обзор комплексообразующей способности элементов периодической системы и основных классов координационных соединений. Основные классы координационных соединений. Обзор по комплексообразующей способности элементов периодической системы (комплексообразователи, лиганды). Одноядерные комплексы с моно- и полидентатными лигандами. Многоядерные комплексы, π - комплексы. Алкоголяты.

4. Принципы синтеза и реакции комплексных соединений. Периодическая система как методологическая основа синтеза комплексов. Термодинамические, кинетические, структурные, эмпирические принципы синтеза. Фотохимические реакции координационных соединений, реакции замещения лиганда во внутренней сфере инертного комплексного иона, реакции координирования лигандов. Эффект транс-влияния во внутренней координационной сфере. Механизмы взаимодействия комплексных частиц (диссоциативный, ассоциативный, обменный).

5. Термодинамика координационных соединений, теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений. Типы констант равновесия; константы устойчивости комплексов, зависимость их от ионной силы раствора. Полная система уравнений для равновесного раствора, сокращенная запись уравнений материального баланса. Влияние pH на комплексообразование, диаграмма выхода комплекса. Методы определения состава и констант устойчивости комплексов: метод изолярированных серий и кривых насыщения; pH-потенциометрия; спектро- и фотометрия, метод растворимости. Закономерности ступенчатого комплексообразования в растворах, хелатный эффект. Факторы, влияющие на устойчивость комплексных частиц.

8.3. Перечень семинарских и практических занятий

№ п/п	Тема занятия
Семинарские занятия	
1	Предмет и основные понятия химии координационных соединений, номенклатура комплексов. Координационная теория Вернера
2	Описание химической связи в комплексных соединениях в теории кристаллического поля, методе валентных схем и методе молекулярных орбиталей
3	Основные принципы синтеза комплексного соединения
4	Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц
Практические занятия	
1	Теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений
Лабораторные работы	
1	Синтез комплексного соединения и установление его состава
2	Установление состава комплекса в растворе методом спектро- или фотометрии (Метод Остромысленского-Жоба)
3	Определение произведения растворимости соли $M_xL_y \cdot nH_2O$ или $ML \cdot nH_2O$ и констант устойчивости комплексов состава 1 : 1, 1 : 2 по данным растворимости соли в растворах Na_xL
4	Определение заряда и устойчивости комплексного иона в растворе спектро- или фотометрическим методом (метод $D-pH$)

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Задания для самоподготовки формулируются преподавателем в зависимости от уровня подготовки студентов.

Типичные примеры:

Теоретические вопросы к семинару 1

«Предмет и основные понятия химии координационных соединений, номенклатура комплексов. Координационная теория Вернера»

1. Определение комплексного и координационного соединения. Основные признаки комплексного соединения.
2. Основные положения теории Вернера и ее отличие от теории Иоргенсена.
3. Классификация комплексных (координационных) соединений по разным признакам.

Практические задания к семинару 1

1. Из сочетания частиц Cr^{3+} , H_2O , Cl^- , K^+ можно составить семь координационных формул комплексных соединений хрома, одна из которых $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$. Составьте формулы других шести соединений и напишите уравнения их диссоциации в водных растворах.
2. Кирпично-красные кристаллы розеосоли имеют состав, выражаемый формулой $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{H}_2\text{O})]\text{Cl}_3$, пурпуреосоль – малиново-красные кристаллы состава $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$. Приведите названия этих солей по номенклатуре ИЮПАК. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.
3. Назовите комплексные соли: $[\text{Pd}(\text{H}_2\text{O})(\text{NH}_3)_2\text{Cl}]\text{Cl}$, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$, $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.
4. Напишите формулы следующих комплексных соединений: а) дицианоаргентат калия; б) гексанитрокобальтат(III) калия; в) хлорид гексаамминникеля(II); г) бромид гексаамминкобальта(III). Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.
5. Пользуясь номенклатурой ИЮПАК, дайте названия следующим комплексным соединениям: $\text{Ba}[\text{Pt}(\text{NO}_2)_4\text{Cl}_2]$; $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$; $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Br}_3$; $\text{K}_4[\text{CoF}_6]$. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.
6. Предложите свою классификацию комплексных соединений.

Теоретические вопросы к семинару 2

Описание химической связи в комплексных соединениях в теории кристаллического поля

1. Предпосылки появления теории кристаллического поля.
2. Основные положения теории кристаллического поля. Рассмотрите понятия о величине спектороскопического расщепления, энергии стабилизации кристаллическим полем. Лиганды сильного и слабого поля, высоко- и низкоспиновые комплексы.
3. Применение теории кристаллического поля для объяснения цветности, магнитных свойств и изменения энтальпии образования комплексов.

Теоретические вопросы к семинару 3

Основные принципы синтеза комплексных соединений

1. Периодическая система как методологическая основа синтеза комплексов (способность химических элементов выступать в качестве комплексообразователей и донорных атомов лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций).
2. Термодинамические, кинетические и структурные принципы синтеза (превращение исходных продуктов в целевой с помощью термодинамически осуществимых реакций; хелатный эффект при комплексообразовании; ряд взаимного вытеснения лигандов; лабильность и инертность комплексных ионов; термическая изомеризация).
3. Эмпирические правила синтеза (подбор растворителя, противоиона при синтезе; использование эмпирических правил транс-влияния, эффективного номера, синтеза по аналогиям, метод проб и ошибок).

Теоретические вопросы к семинару 4

Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц

1. Теория кислотно-основных превращений координационных соединений.
2. Природа эффектов лабильности и инертности комплексных соединений.
3. Теория взаимного влияния лигандов.
4. Механизмы реакций замещения и обмена.

Примеры заданий к практическим занятиям

Теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений

1. Сравните прямую и обратную задачи теории ионных равновесий.
2. Выведите вспомогательные функции:
 - связанности протона (f);
 - протонизации лиганда;
 - анионообразования (N);
 - закомплексованности (F);
 - связанности лиганда (Φ);
 - Бьеррума (n).
3. Приведите сокращенную запись уравнения материального баланса для:
 - раствора слабой кислоты H_mL ($m = 1; 2$);
 - раствора сильной кислоты H_nL и соли металла $M(ClO_4)_n$ при образовании одноклеточных комплексов состава $1 : 1$ и $1 : 2$;
 - раствора слабой кислоты H_mL и соли металла $M(ClO_4)_n$ при образовании одноклеточных комплексов состава $1 : 1$; $1 : 1$ и $1 : 2$.
4. Укажите требования к эксперименту при определении константы устойчивости комплексной частицы в растворе методом Бьеррума

Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

10.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина, и их карты

Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина:

СК-1 I уровень. Способность использовать в исследованиях и расчётах приобретённые знания о физических и химических процессах получения веществ и материалов, их анализе, прогнозировании свойств

1.1. Карта компетенции

Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
СК-1 – I уровень. Способность исследовать в исследованиях и расчётах приобретённые знания о физических и химических процессах получения веществ и материалов, их анализе, прогнозировании свойств	3 (СК-1) – I Знать – основные принципы синтеза соединений	Не знает	Приводит основные принципы синтеза соединений, но не может их раскрыть и объяснить на примере синтеза комплексного соединения	Приводит основные принципы синтеза соединений, раскрывает их суть, объясняет на примере синтеза комплексного соединения, но допускает ошибки при выборе растворителя, противоиона и т.д.	Приводит основные принципы синтеза соединений, раскрывает их суть, объясняет на примере синтеза комплексного соединения, но самостоятельно приводит пример синтеза комплексного соединения с использованием основных принципов синтеза не может	Приводит основные принципы синтеза соединений, раскрывает их суть, объясняет на примере синтеза комплексного соединения, самостоятельно приводит пример синтеза комплексного соединения с использованием основных принципов синтеза
	3 (СК-1) – I Знать – теорию кристаллического поля, которая позволяет описывать химическую связь в комплексных соединениях, но не может привести пример	Не знает	Знает теорию кристаллического поля, которая позволяет описывать химическую связь в комплексных соединениях, но не может привести пример	Знает теорию кристаллического поля, которая позволяет описывать химическую связь в комплексных соединениях, но допускает ошибки при использовании этой теории на примерах образования комплексных	Знает теорию кристаллического поля, которая позволяет описывать химическую связь в комплексных соединениях, использует ее, но только на предлагаемых примерах образования комплексных частиц	Знает теорию кристаллического поля, которая позволяет описывать химическую связь в комплексных соединениях, самостоятельно выбирает примеры комплексных соединений, описывая в них об-

<p>ОПК-1 способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач</p>	<p>3 (ОПК-1) – I Знать – типы реакций и механизмы взаимодействия комплексовых частиц (диссоциативный, ассоциативный, обменный)</p>	<p>Не знает</p>	<p>Перечисляет типы реакций и механизмы взаимодействия комплексовых частиц, но не может объяснить их отличие, не приводит примеры</p>	<p>Знает типы реакций и механизмы взаимодействия комплексовых частиц, объясняет их отличие, пишет химическое равновесие, но не может применить математический аппарат расчета скорости лимитирующей стадии</p>	<p>Знает типы реакций и механизмы взаимодействия комплексовых частиц, объясняет их отличие, пишет химическое равновесие, применяет математический аппарат расчета скорости лимитирующей стадии. Приводит примеры реакций с различными механизмами</p>	<p>разование химической связи</p>
<p>Уметь – объяснять взаимосвязь между комплексообразующей способностью металлов и их положением в периодической системе</p>	<p>У (ОПК-1) – II</p>	<p>Не умеет</p>	<p>Затрудняется в применении Периодической системы при выборе синтеза комплексов (способность химических элементов выступать в качестве комплексобразователей и донорных атомов лигандов;</p>	<p>Применяет Периодическую систему как методологию при выборе синтеза комплексов (способность химических элементов выступать в качестве комплексобразователей и донорных атомов</p>	<p>Применяет Периодическую систему как методологию при выборе синтеза комплексов (способность химических элементов выступать в качестве комплексобразователей и донорных атомов</p>	<p>Применяет Периодическую систему как методологию при выборе синтеза комплексов (способность химических элементов выступать в качестве комплексобразователей и донорных атомов</p>

			концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций)	лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций), но допускает неточности при объяснении выбора синтеза комплекса	лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций). Объясняет взаимосвязь
			концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций)	лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций), но затрудняется в объяснении выбора	лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций). Объясняет взаимосвязь
У (ОПК-1) – II Уметь – применять теорию ионных равновесий для определения термодинамической константы устойчивости потенциометрическим и спектрофотометрическими методами	Не умеет	Знает теорию ионных равновесий, но не может применить для определения термодинамической константы устойчивости потенциометрическим и спектрофотометрическими методами	концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций)	лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций), но допускает неточности при объяснении выбора синтеза комплекса	лигандов; концепция изоэлектронности; теории кислотно-основных и окислительно-восстановительных реакций). Объясняет взаимосвязь
				Выделяет основные этапы определения констант равновесия (V_i , β_i) методом рН-потенциометрии, методом D-рН и твормимости. При выводе констант устойчивости делает математические ошибки	Выделяет основные этапы определения констант равновесия (V_i , β_i) методом рН-потенциометрии, методом D-рН и растворимости. При выводе констант равновесия использует самостоятельно предложенные меры

<p>ОПК-2 владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций</p>	<p>У (ОПК-2) – II Уметь – проводить синтез комплексного соединения с органическим лигандом, например, ацетилацетоном (выбор растворителя, pH, соотношения компонентов) и анализировать его состав</p>	<p>Не умеет</p>	<p>Допускает неточности при изложении известных методов синтеза комплексного соединения с органическим лигандом. Не знает методы его анализа.</p>	<p>Предлагает известные методы синтеза комплексного соединения с органическим лигандом (выбор растворителя, pH, соотношения компонентов) и методы анализа его состава. Делает ошибки при проведении эксперимента</p>	<p>Предлагает известные методы синтеза комплексного соединения с органическим лигандом (выбор растворителя, pH, соотношения компонентов) и методы анализа его состава. Грамотно проводит эксперимент</p>	<p>Самостоятельно предлагает новую методику синтеза комплексного соединения с органическим лигандом (выбор растворителя, pH, соотношения компонентов) и методы анализа его состава. Грамотно проводит эксперимент</p>
<p>СК-1 способность использовать в исследованиях и расчётах приобретённые знания о физических и химических процессах получения веществ и материалов, их анализе, прогнозировании свойств</p>	<p>У (СК-1) – II Уметь – уметь применять математические расчёты и выполнять эксперимент по определению константы устойчивости комплексной частицы в растворе для плохорастворимого соединения, а также преобладающей состав комплексной частицы в растворе спектрофотометрическим методом</p>	<p>Не умеет</p>	<p>Знает теорию ионных равновесий, но не может применить для определения термодинамической константы устойчивости потенциометрическим, спектрофотометрическим методами и методом растворимости, а также при определении преобладающего состава комплексной частицы</p>	<p>Приводит математический баланс и выводит константы равновесия, не может описать экспериментальную часть работы по определению констант устойчивости данными методами, а также при преобладающего состава комплексной частицы</p>	<p>Приводит математический баланс и выводит константы равновесия. Допускает неточности в описании экспериментальной части работы по определению констант устойчивости данными методами, а также при преобладающего состава комплексной частицы</p>	<p>Приводит математический баланс и выводит константы равновесия. Самостоятельно планирует экспериментальную часть работы по определению констант устойчивости данными методами, а также при определении преобладающего состава комплексной частицы</p>

<p>В (СК-1) – II Владеть – системой ос- новных понятий, тео- рией Вернера, но- менклатурой и изо- мерий комплексных соединений</p>	<p>Не владе- ет</p>	<p>Владеет поня- тийным аппаратом, теорией Вернера, но не может назвать комплексные соеди- нения и написать их изомеры</p>	<p>Владеет поня- тийным аппаратом, теорией Вернера, называет комплекс- ные соединения, пишет их изомеры, но допускает ошиб- ки в номенклатуре, типе соединения и названии изомеров</p>	<p>Владеет поня- тийным аппаратом, теорией Вернера, называет комплекс- ные соединения, пишет их изомеры, но ограничивается только примерами предлагаемыми пре- подавателем</p>	<p>Владеет поня- тийным аппаратом, теорией Вернера, называет комплекс- ные соединения, пишет их изомеры, самостоятельно при- водит примеры</p>
<p>В (СК-1) – II Владеть – выбором мето- дик исследования со- става комплексного соединения</p>	<p>Не владе- ет</p>	<p>Путается в из- вестных методиках и не может сделать выбор</p>	<p>Выбирает мето- дики исследования состава комплекс- ных соединений, но обосновать выбор не может</p>	<p>Выбирает мето- дики исследования состава комплекс- ных соединений, но при обосновании допускает неточно- сти</p>	<p>Самостоятельно выбирает методики исследования соста- ва комплексных со- единений и грамотно обосновывает свой выбор</p>

10.2. Паспорт фонда оценочных средств

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия химии комплексных соединений	З (СК1) – I В (СК1) – I	Коллоквиум № 1 (типовой пример билета № 1) Коллоквиум № 2 (типовой пример билета № 1) Промежуточная аттестация (все задания)
2	Основные принципы синтеза комплексных соединений	У (ОПК1) – I З (СК1) – I	Промежуточная аттестация (типовые задания № 1 билета 1 и № 1, 3 билета 2)
3	Основные классы и способы получения комплексных соединений	З (СК1) – I В (СК1) – I У (ОПК2) – I	Промежуточная аттестация (типовое задание № 1 во всех билетах)
4	Химическая связь в комплексных соединениях	З (ОПК1) – I З (СК1) – I В (СК-1) – I	Коллоквиум № 1 (типовой пример билета № 1) Промежуточная аттестация (типовое задание № 1)
5	Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц	З (ОПК1) – I У (ОПК1) – I	Промежуточная аттестация (типовые задания № 2, билета 1 и задание № 2 билета 2)
6	Термодинамика координационных соединений, теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений	У (СК-1) – I У (ОПК1) – I	Коллоквиум № 2 (типовой пример билета № 1) Промежуточная аттестация (типовые задания № 1, 2 билета 1 и задание № 3 билета 2)
7	Факторы, влияющие на устойчивость комплексных частиц	З (СК-1) – I	Коллоквиум № 1 (типовой пример билета № 1) Промежуточная аттестация (типовое задание № 1)

10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

Текущий контроль осуществляется в виде оценивания двух устных коллоквиумов, включающих теоретические вопросы и практические задания. Оценка коллоквиумов «зачтено» - «не зачтено».

Промежуточный контроль знаний – экзамен.

10.4. Примеры билетов оценочных средств

10.4.1. Пример билета коллоквиума № 1 по теме

«Химическая связь в комплексных соединениях»

Билет

1. Опишите основные положения теории кристаллического поля.
2. Укажите влияние дативной π -связи на свойства комплексных частиц. Приведите примеры.
3. Рассмотрите образование комплексной частицы $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ с позиций теории кристаллического поля и рассчитайте для нее ЭСКП.

Критерии оценивания:

1. Перечислены основные положения теории кристаллического поля и раскрыто их понимание на примерах.
2. Дано определение дативной π -связи, приведены примеры комплексных соединений не менее 3 с присутствием этого типа связи. Указано и объяснено влияние дативной π -связи на устойчивость комплексных частиц. Показано владение основными понятиями комплексных соединений и номенклатурой.
3. Представлена схема образования связи между катионом никеля и цианид ионом в рамках теории кристаллического поля, рассчитана энергия стабилизации кристаллическим полем.

10.4.2. Пример билета коллоквиума по теме

«Теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений»

Билет

1. Определение констант устойчивости комплексов состава 1 : 1 методом Бьеррума.
2. Определение состава доминирующей комплексной частицы в растворе методом изомолярных серий.
3. Осадок $\text{Zn}(\text{OH})_2$ находится в равновесии с раствором, в котором присутствуют различные формы цинка в виде аква- и гидроксокомплексов. Упрощенно можно говорить о следующих формах растворённых частиц: Zn^{2+} , $[\text{Zn}(\text{OH})]^+$, $[\text{Zn}(\text{OH})_2]$, $[\text{Zn}(\text{OH})_3]^-$ и $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$. Значения $\lg \beta_n$ 5,04; 12,90; 15,00; 16,63. $\text{IP Zn}(\text{OH})_2 = 3 \cdot 10^{-16}$. Определите концентрацию каждой из частиц и общую растворимость осадка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ при pH раствора 9,0
4. Запишите выражения константы протонизации комплекса ML , константы устойчивости β_{11} кислого комплекса MHL , константы устойчивости β_1 комплекса ML и найдите соотношение между ними.

Критерии оценивания:

1. Записаны уравнения реакций для присутствующих равновесий в системе, уравнения материального баланса, константы равновесия, с использованием вспомогательных функций показана зависимость выхода комплексного соединения от концентрации лиганда, указаны необходимые экспериментальные данные и выделены основные этапы для определения константы устойчивости комплексов состава 1 : 1 методом Бьеррума.
2. Приведено описание основных положений метода изомолярных серий, который используется для определения состава доминирующей комплексной частицы в растворе. Применена теория ионных равновесий. Предложен алгоритм выполнения эксперимента.
3. Приведен материальный баланс и выведены константы равновесия. Отсутствуют математические ошибки.
4. Применена теория ионных равновесий для определения константы устойчивости β_1 комплекса ML . Записаны уравнения равновесных реакций для протонизации комплекса, образования комплекса кислого и среднего; для всех равновесий записаны констант рав-

новесия; константа протонизации комплекса выражена через константы устойчивости кислого и среднего комплексов.

10.4.3. Пример экзаменационного билета

Билет 1

Задание 1. Обзор элементов периодической системы по способности выступать в качестве комплексообразователей. Катионы классов А и В по Чатту.

Задание 2. Многоядерные координационные соединения. Структура, свойства, способы получения.

Критерии оценивания

Студент владеет знаниями по дисциплине в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы.

Задание 3. Предложите несколько способов получения аммиачного комплекса меди(II) и поясните возможность записанных реакций с позиций кислотно-основного взаимодействия. Рассмотрите образование связи между катионом меди и молекулой аммиака в рамках теории кристаллического поля, объяснив цветность и термодинамическую устойчивость данного комплексного соединения.

Критерии оценивания

1. Записаны уравнения реакций не менее 3 способов получения комплексного соединения.
2. Соединения названы согласно номенклатуре.
3. Используется периодическая система, электронные конфигурации, теория кислот и оснований Пирсона для объяснения взаимодействия катиона меди с молекулой аммиака;
4. Представлена схема образования связи между катионом меди и молекулой аммиака в рамках теории кристаллического поля.
5. Приведено объяснение цветности и термодинамической устойчивости комплексного соединения.

Задание 4. В соединениях с комплексным катионом $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_2]^+$ одна из молекул аммиака легко замещается другими группировками. Используя представления о трансвлиянии предскажите результат нагревания твердого нитрита нитротриамминплатины (II) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{NO}_2]\text{NO}_2$.

Критерии оценивания

1. Записана структурная формула комплексной частицы.
2. Определена активная молекула аммиака.
3. Используется номенклатура комплексных соединений.
4. Применен ряд трансвлияния по Черняеву.
5. Записано уравнение реакции термического разложения комплексного соединения.

Билет 2

Задание 1. Основные положения и предпосылки развития теории кристаллического поля.

Задание 2. Классификация констант равновесия. Константы термодинамические и концентрационные. Типы равновесий, константы этих равновесий. Зависимость их от ионной силы.

Критерии оценивания

Студент владеет знаниями по дисциплине в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину; самостоятельно, в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи; четко формирует ответы.

Задание 3. Предложите несколько способов получения $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$ и поясните возможность данных реакций с позиций кислотно-основного взаимодействия. Рассмотрите образование связи между катионом хрома и молекулой воды в рамках теории кристаллического поля, объяснив цветность и термодинамическую устойчивость данного комплексного соединения.

Критерии оценивания

1. Записаны уравнения реакций не менее 3 способов получения комплексного соединения.
2. Соединения названы согласно номенклатуре.
3. Используется периодическая система, электронные конфигурации, теория кислот и оснований Присона для объяснения взаимодействия катиона меди с молекулой аммиака;
4. Представлена схема образования связи между катионом меди и молекулой аммиака в рамках теории кристаллического поля.
5. Приведено объяснение цветности и термодинамической устойчивости комплексного соединения.

Задание 4. Предложите несколько комплексообразователей при получении комплексного соединения с оксалат анионом для образования катионного, анионного и нейтрального комплексов в растворе, сравните их устойчивость. Можно использовать дополнительные лиганды. В оксалатных растворах $\text{Pu}(\text{III})$ А.Д. Гельман с сотр. (1957) наблюдали образование следующих комплексных ионов: $[\text{Pu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^-$, $[\text{Pu}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$, $[\text{Pu}(\text{C}_2\text{O}_4)_4]^{5-}$, $[\text{Pu}(\text{HC}_2\text{O}_4)_4]^-$, полные константы нестойкости которых составляют $4,9 \cdot 10^{-10}$, $4,10 \cdot 10^{-10}$, $11,9 \cdot 10^{-11}$ и $7,1 \cdot 10^{-10}$. В водных растворах карбоната аммония для первых трех комплексных ионов вычислены следующие полные константы нестойкости: $11,6 \cdot 10^{-9}$, $5,6 \cdot 10^{-9}$ и $2,5 \cdot 10^{-9}$. Рассчитайте энтальпию образования комплексных ионов $\text{Pu}(\text{III})$ для реакции:
$$\text{Pu}^{3+} + n\text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightleftharpoons [\text{Pu}(\text{C}_2\text{O}_4)_n]^{3-2n}.$$

Критерии оценивания

1. Объяснен выбор комплексообразователей.
2. Записаны уравнения реакций.
3. Приведен расчет энтальпий образования комплексных ионов $\text{Pu}(\text{III})$.

11. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной учебной литературы

1. Неудачина Л. К., Лакиза Н. В. «Физико-химические основы применения коорди-

национальных соединений»: [учеб. пособие], М-во образования и науки рос. Федерации, урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: изд-во урал. ун-та, 2014. – 124 с.

2. Киселев Ю. М. Добрынина Н. А. Химия координационных соединений. – М.: Юрайт, 2007, 2016. – 657 с. – Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.

Перечень дополнительной учебной литературы

1. Костромина Н. А., Кумок В. Н., Скорик Н. А. Химия координационных соединений. М.: Высшая школа, 1990. – 431 с. <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000048613/000048613.pdf>

2. Кумок В. Н., Скорик Н. А. Лабораторные работы по химии комплексных соединений. Томск: ТГУ, 1983. – 140 с.

3. Скорик Н. А., Чернов Е. Б. Расчеты с использованием персональных компьютеров в курсе химии комплексных соединений: Учебно-методическое пособие. Томск: Томский государственный университет, 2009. – 92 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

1. Образовательный портал по химии - <http://www.chemiemia.ru/chemie-99.html>

2. Образовательный портал по химии - <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2123.html>

3. Электронная коллекция слайдов к образовательным курсам - <http://www.slideshare.net/zaharov/1-4-16152662>

4. Образовательный портал по химии - http://www.alhimik.ru/compl_soed/gl_1.htm

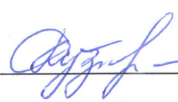
Описание материально-технической базы.

Обучение по дисциплине осуществляется на базе: лекционной аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации, интерактивной доской (аудитории № 402, 103 ауд. 6-го учебного корпуса ТГУ) и лабораторной аудитории (№ 102, 6-го учебного корпуса ТГУ)

12. Язык преподавания

русский

13. Преподаватель

Автор  канд. хим. наук, доцент С.А. Кузнецова

Рецензент  канд. хим. наук, профессор Н. А. Скорик

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии химического факультета « 26 » 06 2015 года, протокол № 24.