

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана ХФ

А.С. Князев

«04» 04 2022 г.

Фонд оценочных средств

Химия комплексных соединений

по направлению подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:

«Химия»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

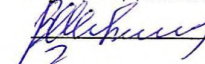
Год приема

2021

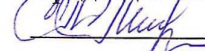
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.02.02.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 В.В. Шелковников

Председатель УМК

 Л.Н. Мишенина

Томск – 2022

1 Паспорт фонда оценочных средств

Направление подготовки	04.03.01 Химия
Дисциплина	Химия комплексных соединений
Семестр обучения	7
Общий объем дисциплины, ЗЕ	4
Формы текущего контроля	устный опрос/ коллоквиум/контрольная работа, отчеты по лабораторным работам/индивидуальное задание/тестирование
Форма промежуточной аттестации	экзамен

Оценивание результатов учебной деятельности обучающихся при изучении дисциплины осуществляется по текущему контролю и промежуточной аттестации

2 Перечень формируемых компетенций и уровни их освоения

Изучение дисциплины «Химия комплексных соединений» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды и содержание компетенций по СУОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ООП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	
ОПК-1. Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений.	ИОПК-1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов. ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии. ИОПК-1.3. Формулирует	<i>Допороговый уровень</i>	<i>Знать:</i> теорию кристаллического поля, которая является основной теорией описания химической связи в комплексных соединениях;
		<i>Пороговый уровень</i>	<i>Знать:</i> теорию кристаллического поля, которая является основной теорией описания химической связи в комплексных соединениях; – основные принципы синтеза комплексных соединений; <i>Уметь:</i> выполнять эксперимент по определению констант устойчивости комплексных частиц в растворе малорастворимого соединения, а также состав доминирующей комплексной частицы в растворе спектрофотометрическим методом

	<p>заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.</p>	<p><i>Достаточный уровень</i></p>	<p><i>Знать:</i> теорию кристаллического поля, которая является основной теорией описания химической связи в комплексных соединениях; – основные принципы синтеза комплексных соединений; <i>Уметь:</i> 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><i>Продвинутый уровень</i></p>	<p><i>Знать:</i> теорию кристаллического поля, которая является основной теорией описания химической связи в комплексных соединениях; – типы реакций и механизмы взаимодействия комплексных частиц (диссоциативный, ассоциативный, обменный) <i>Уметь:</i> объяснять взаимосвязь между комплексообразующей способностью металлов и их положением в периодической системе; – применять теорию ионных равновесий для определения констант устойчивости потенциометрическим и спектрофотометрическим методами; <i>Владеть (обладать навыками):</i> системой основных понятий, теорией Вернера, номенклатурой и</p>

			изомерией комплексных соединений; – выбором методик исследования состава комплексного соединения
ОПК-2. Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием.	ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности. ИОПК-2.2. Проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик. ИОПК-2.3. Проводит стандартные операции для определения химического и фазового состава веществ и материалов на их основе. ИОПК-2.4. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.	<i>Допороговый уровень</i>	<i>Уметь:</i> проводить синтез комплексного соединения с органическим лигандом, без самостоятельного выбора растворителя, рН, соотношения компонентов
		<i>Пороговый уровень</i>	<i>Уметь:</i> проводить синтез комплексного соединения с органическим лигандом, с самостоятельным выбором растворителя, рН и соотношения компонентов
		<i>Достаточный уровень</i>	<i>Уметь:</i> - проводить синтез комплексного соединения с органическим лигандом, самостоятельно делая выбор растворителя, рН, соотношения компонентов; - анализировать состав комплексного соединения с помощью преподавателя
		<i>Продвинутый уровень</i>	<i>Уметь:</i> - проводить синтез комплексного соединения с органическим лигандом, самостоятельно делая выбор растворителя, рН, соотношения компонентов; - самостоятельно анализировать состав комплексного соединения
ПК-1. Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных	ИПК-1.1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР. ИПК-1.2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ	<i>Допороговый уровень</i>	<i>Уметь:</i> планировать экспериментальную работу, но допускает неточности
		<i>Пороговый уровень</i>	<i>Уметь:</i> планировать экспериментальную работу, не допускает неточности
		<i>Достаточный уровень</i>	<i>Уметь:</i> - планировать экспериментальную работу, не допускать неточности; - выбирать адекватные методы решения научно-

специалистом более высокой квалификации.	отдельных этапов НИР. ИПК-1.3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР. ИПК-1.4. Готовит объекты исследования. ресурсов.		исследовательских задач в выбранной области химии
		<i>Продвинутый уровень</i>	<i>Уметь:</i> - планировать экспериментальную работу, не допускает неточности; - выбирать адекватные методы решения научно- исследовательских задач в выбранной области химии; - объяснять выбор методы решения научно- исследовательских задач

Уровни и шкала оценивания сформированности компетенций

Допороговый уровень	Соответствует оценке «неудовлетворительно», предполагает несформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками.
Пороговый уровень	Соответствует оценке «удовлетворительно», предполагает сформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки.
Достаточный уровень	Соответствует оценке «хорошо», предполагает сформированность компетенций на достаточно хорошем уровне. Студент изучил все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки.
Продвинутый уровень	Соответствует оценке «отлично», предполагает сформированность компетенций на высоком уровне. Студент показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки.

2 Этапы формирования компетенций и оценочные средства (текущая аттестация)

2.1 Виды оценочных средств

№	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Код индикатора достижения компетенции согласно ОПД
1	Тема 1. Предмет и основные понятия химии координационных соединений	практико-ориентированное задание	ИОПК 1.3.
2	Тема 2. Основные классы и способы получения комплексных соединений	опрос	ИОПК 1.1. ИОПК 2.1.
3	Тема 3. Основные принципы синтеза комплексных соединений	отчет по лабораторной работе	ИОПК 1.3. ИОПК 1.2. ИОПК 2.1.
4	Тема 4. Химическая связь в комплексных соединениях	коллоквиум	ИОПК 1.3.
5	Тема 5. Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц	опрос	ИОПК 1.3.
6	Тема 6. Термодинамика координационных соединений, теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений	отчеты по лабораторным работам, контрольная работа	ИПК 1.1. ИПК 1.2. ИПК 1.3. ИПК 1.4. ИОПК 2.1. ИОПК 2.2. ИОПК 2.3. ИОПК 2.4.

2.2 Содержание оценочных средств

2.2.1 Практико-ориентированное задание:

КЕЙС №1 «Химия комплексных соединений или координационная химия?»

Преподаватель Вуза попросил меня, как магистранта ХФ, имеющего знания о химии комплексных соединений, рассказать студентам 1 курса ХФ об основных понятиях и предмете изучения данного раздела химии. Я решил подготовить презентацию, в которой можно было бы отразить вопросы понимания того, что является комплексным соединением, какова специфика, строение и номенклатура. Однако, при подготовке презентации я совсем запутался в определениях и понимании того когда соединение является комплексным, а когда его можно назвать координационным. Можно ли между координационной химией и химией комплексных соединений ставить равенство?

2.2.3 Вопросы к опросу по теме «Основные принципы синтеза комплексных соединений»:

– 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);

– 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);

– эмпирические правила синтеза (подбор растворителя, противоиона при синтезе; использование эмпирических правил транс-влияния, эффективного номера, синтеза по аналогиям, метод проб и ошибок).

2.2.3 План написания отчета:

- дата;
- название лабораторной работы;
- цель;
- приборы и реактивы;
- теоретическая часть;
- расчетная часть;
- практическая часть;
- выводы.

2.2.4 Пример билетов коллоквиума по теме «Химическая связь в комплексных соединениях»

Билет 1

1. Основные положения теории поля лигандов и метода молекулярных орбиталей в рамках описания образования химической связи в комплексных частицах.
2. Ковалентность центрального поля.
3. Рассмотрите образование комплексной частицы $[\text{Rh}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ с позиций теории кристаллического поля, и рассчитайте для нее ЭСКП. Будет ли этот комплекс окрашен, если параметр расщепления составляет 34000 см^{-1} ?
4. Изобразить геометрию комплексной частицы $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_6]^{4+}$ (с учетом гибридизации).

Билет 2

1. Факторы, определяющие силу кристаллического поля. Энергия стабилизации кристаллическим полем в случае лигандов сильного и слабого полей.
2. Донорно-акцепторный механизм образования комплексных ионов. Типы связей между комплексообразователем и лигандами. Привести примеры.
3. Рассмотрите образование комплексных частицы $[\text{FeCl}_4]^-$ $[\text{FeCl}_4]^{2-}$ с позиций теории кристаллического поля, и сравните значения их ЭСКП и эффективных магнитных моментов.
4. Изобразить геометрию комплексной частицы $[\text{Fe}(\text{CN})_4]^-$ (с учетом гибридизации).

2.2.5 Вопросы к опросу по теме «Реакции и механизмы взаимодействия комплексных частиц»:

- теория кислотно-основных превращений координационных соединений;
- природа эффектов лабильности и инертности комплексных соединений;
- теория взаимного влияния лигандов;
- механизмы реакций замещения и обмена.

2.2.6 Пример билета контрольной работы

«Теория ионных равновесий в приложении к химии комплексных соединений»

Билет

1. Пренебрегая комплексообразованием, вычислить растворимость гексахлороплатината(IV) аммония в подкисленном растворе соляной кислоты ($C(Cl^-) = 1,25 \cdot 10^{-3}$ моль/л) при $I = 0,05$ и $25^\circ C$, если для соли $-\lg IP = 5,05$, а $p[H]$ насыщенного раствора $4,5$, константы диссоциации соляной кислоты возьмите из справочной литературы.
2. Записать выражения константы протонизации комплекса ML , константы устойчивости β_{11} кислого комплекса MHL , константы устойчивости β_1 комплекса ML и найти соотношение между ними.
3. Для реакции комплексообразования никеля с метионином $Ni^{2+} + L^- \rightleftharpoons NiL^-$ известны термодинамические данные для $25^\circ C$: $\Delta H^0 = -21,63$ кДж/моль и $\Delta S^0 = 8,1$ Дж/моль·К. Оценить константы устойчивости при 25 и $20^\circ C$

Билет 2

1. Для тартратного комплекса, Mn^{2+} при $I = 0,1$ и $25^\circ C$ определено значение $\lg \beta_1$ $2,49$, и значения константы протонизации комплекса $\lg K$ $3,90$. Рассчитать константу образования комплексов MHL . константы диссоциации винной кислоты возьмите из справочной литературы.
2. Провести пример и вывести уравнение для расчета константы протонизации одноосновной кислоты NL по спектрофотометрическим данным (диссоциированная и недиссоциированная форма кислоты поглощают при разных длинах волн).
3. Для комплекса Pb^{2+} с анионом винной кислоты при $I = 0,1$ и $25^\circ C$ определено значение $\lg \beta_1 = 3,15$, комплекса Ba^{2+} с анионом глутаровой кислоты значения $\lg \beta_1$ равно $2,08$ при $I = 0$ ($25^\circ C$). Привести обе константы к одинаковой ионной силе. Какой комплекс устойчивее?

Оценочные материалы в полном объеме содержатся на странице электронного курса в системе Moodle <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21489>

2.3 Методические рекомендации

2.3.1 Порядок проведения текущего контроля

Текущий контроль осуществляется на протяжении периода обучения по дисциплине в рамках организации и проведения лекционных занятий, практических занятий, лабораторных работ, самостоятельной работы студентов и оценивается зачетом и оценкой.

2.3.2 Критерии оценивания по видам оценочных средств

Практико-ориентированное задание:

- задание выполнено- зачет;
- задание не выполнено – незачет.

Опросы на семинарах:

- отвечает не менее чем на 2 вопроса – зачет;
- не отвечает на 2 вопроса – незачет.

Написание отчета:

- отчет правильно оформлен и содержание отчета соответствует целям и выводам соответствующей темы лабораторной работы – зачет;
- отчет неправильно оформлен и содержание отчета не соответствует целям и выводам соответствующей темы лабораторной работы – незачет

Коллоквиум:

- студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками – неудовлетворительно;
- студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки – удовлетворительно;
- студент раскрыл все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки – хорошо;
- студент раскрыл все теоретические вопросы, показал, что владеет материалом в совершенстве, привел свои примеры – отлично.

Контрольная работа:

- решил 2 задачи – зачет;
- не решил 2 задачи – незачет.

3 Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Текущий контроль знаний влияет только на допуск к экзамену. К экзамену допускаются только те студенты, которые выполнили в полном объеме текущий контроль знаний.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и две задачи. Продолжительность подготовки ответа по билетам 45 минут, ответ 20 минут.

Примерное содержание экзаменационных билетов:

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.

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.

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) $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{NO}_2]\text{NO}_2$.

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.

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.

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 Pu (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 Pu(III) для реакции:



Оценочные материалы текущего контроля в полном объеме содержатся на странице электронного курса в системе Moodle <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21489>

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

«Отлично» – студент 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.

«Хорошо» – студент в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи.

«Удовлетворительно» – студент в логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, но допускает не более 3 ошибок, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи.

«Неудовлетворительно» – студент не может в логической последовательности и исчерпывающе отвечать на все вопросы билета с помощью наводящих вопросов экзаменатора, не умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделять в нем главное, устанавливать причинно-следственные связи.

Информация о разработчиках

Кузнецова Светлана Анатольевна, канд. хим. наук, доцент, кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.