

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФИО: Смирнов Сергей Николаевич

Должность: врио ректора

Дата подписания: 09.08.2023 12:26:57

Уникальный программный ключ:

69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Феофанова М.А.

28 апреля 2021 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Координационная химия

Направление подготовки

04.03.01 Химия

Направленность (профиль)

Перспективные материалы: синтез и анализ

Для студентов 3 курса очной формы обучения

Составитель: д.х.н., Алексеев В.Г. _____

Тверь, 2021

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины является: изучение основ химии координационных соединений как самостоятельного раздела современной химии.

Задачами освоения дисциплины являются:

изучение природы химической связи в комплексных соединениях, изучение строения координационных соединений, изучение свойств комплексных соединений и областей их применения.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Координационная химия» входит в Элективные дисциплины 5 Части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1. «Дисциплины» учебного плана.

изучение дисциплины углубляет знания о координационных соединениях, ранее полученные в ходе изучения дисциплины Неорганическая химия, и необходимо для подготовки студентов к прохождению преддипломной практики. Дисциплина «Координационная химия» непосредственно связана с дисциплинами: «Спектрофотометрия», «Математическое моделирование химических равновесий», «Ионометрия».

3. Объем дисциплины: 5 зачетных единиц, 180 академических часов, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции - **35** часов, лабораторные работы - **35** часов;

самостоятельная работа: **83** часа, контроль - **27** часов.

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

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1.1 Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР ПК-1.2 Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР ПК-1.3 Готовит объекты исследования

ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы	ПК-2.1 Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч., с использованием патентных баз данных) ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)
--	---

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения:

зачет в 5-м семестре,
экзамен в 6-м семестре.

6. Язык преподавания русский.

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	
Тема 1. Основные понятия химии координационных соединений	12	1	1	10
Тема 2. Номенклатура координационных соединений	12	1	1	10
Тема 3. Изомерия координационных соединений	12	1	1	10
Тема 4. Равновесия в растворах комплексных соединений.	18	4	4	10
Тема 5. Химическая связь в комплексных соединениях. Теория кристаллического поля. Эффект Яна-Теллера.	12	1	1	10

Тема 6. Спектральные и магнитные свойства комплексов. Спектрохимический ряд.	22	6	6	10
Тема 7. Типы комплексообразователей. Теория Пирсона.	12	1	1	10
Тема 8. Лиганды с донорными атомами кислорода	26	8	8	10
Тема 9. Лиганды с донорными атомами азота	22	6	6	10
Тема 10. Лиганды с донорными атомами серы.	20	5	5	10
Тема 11. Пи-комплексы.	12	1	1	10
ИТОГО	180	35	35	110

III. Образовательные технологии

Учебная программа – наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
Тема 1. Основные понятия химии координационных соединений	Лекция	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), цифровые (показ презентаций)
Тема 2. Номенклатура координационных соединений	Лекция	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), цифровые (показ презентаций)
Тема 3. Изомерия координационных соединений	Лекция	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), цифровые (показ презентаций)

Тема 4. Равновесия в растворах комплексных соединений.	Лекция Лабораторная работа в химической лаборатории	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), информационные (показ презентаций) технология исследовательской деятельности (химический эксперимент) технология модульного и блочно-модульного обучения здоровьесберегающие технологии
Тема 5. Химическая связь в комплексных соединениях. Теория кристаллического поля. Эффект Яна-Теллера.	Лекция	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), цифровые (показ презентаций)
Тема 6. Спектральные и магнитные свойства комплексов. Спектрохимический ряд.	Лекция Лабораторная работа в химической лаборатории	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), информационные (показ презентаций) технология исследовательской деятельности (химический эксперимент) технология модульного и блочно-модульного обучения здоровьесберегающие технологии
Тема 7. Типы комплексообразователей. Теория Пирсона.	Лекция	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), цифровые (показ презентаций)
Тема 8. Лиганды с донорными атомами кислорода	Лекция Лабораторная работа в химической лаборатории	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), информационные (показ презентаций) технология исследовательской деятельности (химический эксперимент) технология модульного и блочно-модульного обучения здоровьесберегающие технологии

Тема 9. Лиганды с донорными атомами азота	Лекция Лабораторная работа в химической лаборатории	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), информационные (показ презентаций) технология исследовательской деятельности (химический эксперимент) технология модульного и блочно-модульного обучения здоровьесберегающие технологии
Тема 10. Лиганды с донорными атомами серы.	Лекция Лабораторная работа в химической лаборатории	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), информационные (показ презентаций) технология исследовательской деятельности (химический эксперимент) технология модульного и блочно-модульного обучения здоровьесберегающие технологии
Тема 11. Пи-комплексы.	Лекция	традиционные (фронтальная лекция, решение упражнений), цифровые (показ презентаций)

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Показатели и критерии оценивания
ПК-1.1	<p>Задание 1. Из предложенного списка выберите реактив, подходящий для определения ионов Ni^{2+} в растворе.</p> <p>А. Реактив Фишера; Б. реактив Чугаева; В. Реактив Толленса.</p> <p>Задание 2. В состав Несслера, используемого для обнаружения и</p>	1 балл за правильный ответ

	<p>фотометрического определения аммиака входит комплексное соединение...</p> <p>А. $K_2[HgI_4]$ Б. $K_3[Fe(CN)_6]$ В. $K_3[Co(NO_2)_6]$</p>	
	<p>Задание 1. Хромокалиевые квасцы $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ представляют собой...</p> <p>А. простую соль; Б. двойную соль; В. комплексное соединение.</p> <p>Задание 2. Минерал хлорида калия и хлорида натрия сильвинит представляет собой...</p> <p>А. Смесь простых солей; Б. двойную соль; В. комплексное соединение.</p>	1 балл за правильный ответ
	<p>Тест 1. Укажите правильный ответ. Дентатность лиганда – это...</p> <p>А. Число донорных атомов лиганда; Б. Число связей металл–лиганд; В. Число координационных мест, занимаемых лигандом.</p> <p>Тест 2. Укажите правильный ответ. Понятие «координационное соединение»...</p> <p>А. более узкое, чем понятие «комплексное соединение», частный случай комплексного соединения; Б. равнозначно понятию «комплексное соединение», синоним; В. Более широкое понятие, чем «комплексное соединение», включает в себя комплексные соединения.</p>	1 балл за правильный ответ
ПК-1.2	<p>Задание 2. Требуется определить состав комплексов меди(II) с иминодиуксусной кислотой спектрофотометрическим методом изомолярных серий. Что Вам потребуется для выполнения работы? Перечислите необходимые:</p> <p>А. приборы; Б. посуду; В. реактивы; Г. Программы для расчета.</p>	1 балл за каждый правильный ответ

	<p>Тест 1. Спектрофотометрическим методом изомолярных серий можно определить</p> <p>А. состав всех комплексных форм, образующихся в растворе;</p> <p>Б. состав комплекса с максимальным числом лигандов.</p> <p>Тест 2. рН-метрическим методом Бьеррума можно определить состав и устойчивость</p> <p>А. Всех комплексов, образующихся в растворе, в том числе протонированных и гидроксокомплексов;</p> <p>Б. только средних комплексов с различным числом лигандов;</p> <p>В. только монолигандных средних и протонированных комплексов.</p>	1 балл за правильный ответ
ПК-1.3	<p>Тест 1. Укажите правильный ответ. В основе расчета состава и устойчивости комплексов методом Бьеррума лежит</p> <p>А. Расчет значений функции образования для каждой точки экспериментальной кривой титрования;</p> <p>Б. Расчет теоретической кривой титрования, максимально близкой к экспериментальной, на основе заданной модели равновесий в системе.</p> <p>Тест 2. Модель химических равновесий, используемая для расчета констант равновесий в программе NewDALSFEK базируется на кислотно-основной теории...</p> <p>А. Аррениуса–Оствальда;</p> <p>Б. Льюиса;</p> <p>В. Бренстеда–Лоури.</p>	1 балл за правильный ответ

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2 Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-исследовательские работы

Результат (индикатор)	Примерная формулировка заданий	Показатели и критерии оценивания
ПК-2.1	Задание 1. Вам поставлена задача определить жесткость воды методом комплексонометрического титрования.	1 балл за каждый правильный ответ

	Укажите необходимые для проведения эксперимента... А. титрант; Б. буферный раствор; В. индикатор.	
	Задание 2. Вам поставлена задача количественно определить содержание ионов меди(II) в растворе методом комплексонометрического титрования. Укажите необходимые для проведения эксперимента: А. титрант; Б. буферный раствор; В. индикатор.	1 балл за каждый правильный ответ
ПК-2.2 Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	Тест 1. Координационные соединения платины(II) имеют структуру плоского квадрата. Это соответствует типу гидридизации электронных орбиталей Pt(II) А. sp^3 Б. dsp^2 В. sp^3d Г. sp^3d^2 Тест 2. Комплексы, для которых в растворе характерен быстрый обмен лигандов между раствором и координационной сферой называют А. Инертными; Б. Лабильными.	1 балл за правильный ответ

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

А) Основная литература:

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

Юрайт, 2018. — 229 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02962-8. — Электронный ресурс. — Режим доступа: <https://bibli-online.ru/book/29B623B4-9585-4AE3-B588-D309512FB4BF/himiya-koordinacionnyh-soedineniy-v-2-ch-chast-2>

б) Дополнительная литература:

1. Неудачина Л. К. Химия координационных соединений : учебное пособие для академического бакалавриата / Л. К. Неудачина, Н. В. Лакиза. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 123 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-05861-1. — Электронный ресурс. — Режим доступа: <https://bibli-online.ru/book/E339FDAA-B98F-47A7-8CB9-28C4D6B4D56F/himiya-koordinacionnyh-soedineniy>

2. Неудачина Л.К. Физико-химические основы применения координационных соединений : учебное пособие / Л.К. Неудачина, Н.В. Лакиза ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 125 с. : ил., табл., схем. - ISBN 978-5-7996-1297-9 ; То же [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275816>

3. Неёлова О.В. Химия координационных соединений [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.В. Неёлова, Л.М. Кубалова. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2017. — 75 с. — ISBN 978-5-4486-0041-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73347.html>

4. Федотов М. А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости. М.: Физматлит, 2010. 384 с. — Электронный ресурс. — Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=76645&sr=1

5. Сизова О.В. Молекулярная симметрия в неорганической и координационной химии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О.В. Сизова, Н.В. Иванова, А.А. Ванин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 276 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/76285>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение:

- Microsoft Office профессиональный плюс 2013
- Microsoft Windows 10 Enterprise
- HyperChem

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

- Google Chrome
- ISIS Draw 2.4 Standalone

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com;

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>;

ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная образовательная среда ТвГУ <http://lms.tversu.ru>
2. Научная библиотека ТвГУ <http://library.tversu.ru>
3. Химический портал ChemPort.Ru <http://www.chemport.ru>
4. Электронная библиотека учебных материалов по химии на портале Chemnet <http://www.chem.msu.su/rus/elibrary>
5. Российский химико-аналитический портал <http://www.anchem.ru/>
6. Сайт о химии <http://xumuk.ru/>
7. Сайт Chemworld.Narod.Ru -Мир химии <http://chemworld.narod.ru>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Задания для контроля самостоятельной работы студентов

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

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

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

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

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

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

Вопросы к зачету по дисциплине

1. Возникновение, история и развитие понятий в химии металлокомплексов. Типы химической связи в комплексах. Номенклатура комплексных соединений.
2. Первые теории строения комплексных соединений, теория Бломстранда-Йергенсена. Теория Вернера, ее непреходящая роль во всей дальнейшей истории координационных соединений. Метод валентных связей.
3. Теория кристаллического поля лигандов. Магнитные и оптические свойства комплексных соединений. Спектрохимический ряд.
4. Изомерия комплексных соединений (пространственная, оптическая), методы синтеза изомеров комплексных соединений.
5. Типы комплексов. Дентатность лигандов. Комплексные ионы. Внутрикомплексные соединения. Эфирные хелаты. Ионные ассоциаты. Жидкие ионообменники. Синергизм. Неорганические хелаты (гетерополикислоты).
6. Устойчивость хелатов. Определение констант устойчивости комплексов. Хелатный эффект. Влияние центрального атома, природы донорного атома и хелатных циклов. Влияние размера и числа хелатных циклов.

Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Аммиак и амины как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение аминных комплексов.
2. Взаимосвязь химической структуры алифатических и ароматических аминов, их основности и устойчивости металлокомплексов.
3. Вода и гидроксил-анион как лиганды координационных соединений: дентатность, способность к образованию σ - и π -связей, аквакомплексы в составе кристаллогидратов, практическое значение аква- и гидроксокомплексов.
4. Фторид-ион как лиганд координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение фторидных комплексов.
5. Хлорид-, бромид-, йодид-анионы как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение хлоридных, бромидных и йодидных комплексов.

6. Аминополикарбоксилаты (комплексоны) как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение комплексонов и комплексонатов.
7. Карбоксилаты как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение карбоксилатных комплексов.
8. Органические фосфины как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение фосфиновых комплексов.
9. Тиоспирты (меркаптаны) и тиоэфиры как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение меркаптидных комплексов.
10. Дитиокарбаматы и тиурамдисульфиды как лиганды координационных соединений: дентатность, химическое сродство к катионам-комплексообразователям, способность к образованию σ - и π -связей, влияние на УФ/вид спектры катионов 3d-металлов, практическое значение дитиокарбаматных комплексов.
11. Макроциклические лиганды. Особенности макроциклов как лигандов. Практическое значение макроциклических металлокомплексов.
12. Номенклатура координационных соединений.
13. Изомерия координационных соединений.
14. Хелатный эффект. Термодинамическое объяснение хелатного эффекта. Оптимальный размер хелатного цикла.
15. Равновесия в растворах координационных соединений. Константы нестойкости, устойчивости, образования. Концентрационные, термодинамические, смешанные константы.
16. Классификация комплексообразователей по типу строения электронной оболочки иона (атома). Химическое сродство комплексообразователей различных типов к донорным атомам лигандов.
17. Взаимосвязь типа гибридизации электронных орбиталей комплексообразователя, его координационного числа и пространственного строения комплекса.
18. Химическая связь в координационных соединениях. Теория валентных связей в применении к координационным соединениям. Объяснение пространственного строения, магнитных и спектральных свойств комплексов.
19. Химическая связь в координационных соединениях. Теория кристаллического поля в применении к координационным соединениям.

Объяснение пространственного строения, магнитных и спектральных свойств комплексов.

20. Эффект Яна–Теллера.

21. Спектрофотометрические методы исследования комплексообразования в растворах. Метод молярных отношений и метод изомолярных серий.

22. Потенциометрические методы исследования комплексообразования в растворах. Метод Бьеррума.

Требования к рейтинг-контролю

Максимальная сумма рейтинговых баллов по результатам текущей работы и промежуточных этапов оценки знаний студентов (рубежный контроль) составляет 100 баллов.

1 контрольная точка: Темы № 1 – 5

Текущая работа студента – 15 баллов

Представление отчетов о самостоятельном изучении тем в указанных формах – 15 баллов.

Итоговый контроль по модулю: письменная контрольная работа – 20 баллов.

Всего – 50 баллов

2 контрольная точка: Темы № 6 - 11

Текущая работа студента – 15 баллов

Представление отчетов о самостоятельном изучении тем в указанных формах – 15 баллов.

Итоговый контроль по модулю: письменная контрольная работа – 20 баллов.

Всего – 50 баллов

VII. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Проведение учебного процесса обеспечено:

- лекции и семинары мультимедийным проектором

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.	Раздел V. Аннотации	Измены часы лекций и практических занятий согласно учебному плану на 2021-2022 уч. год	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-

			технологического факультета
2.	Раздел V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	Дополнен список основной и дополнительной литературы	Протокол №11 от 28.04.21г. заседания ученого совета химико-технологического факультета