

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Таюрский Д.А.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Введение в химию координационных соединений Б1.В.ОД.19

Направление подготовки: 44.03.01 - Педагогическое образование

Профиль подготовки: Химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Сагитова Р.Н.

Рецензент(ы):

Низамов И.Д.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Гильманшина С. И.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань
2017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Сагитова Р.Н. Кафедра химического образования Химический институт им. А.М. Бутлерова, RNSagitova@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Курс "Введение в химию координационных соединений" занимает важное место среди естественнонаучных дисциплин, изучаемых студентами.

Изучение этого курса студентами необходимо для следующих целей:

закрепление и углубление основоположных химических понятий, процессов, закономерностей химии комплексных соединений, полученных при изучении этой дисциплины в курсах "Введение в неорганическую химию", "Химия элементов и их соединений" и др.;

получение теоретических знаний, необходимых студенту для успешного осваивания последующих химических дисциплин, особенно специальных курсов;

овладение практическими навыками работы в химической лаборатории, методиками синтеза и исследования, сложных по составу химических соединений, необходимыми студенту для последующей учёбы и работы

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.19 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 44.03.01 Педагогическое образование и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина "Введение в химию координационных соединений" относится к разделу Б.3. профессионального цикла, вариативной части В16.

Дисциплина дает студенту представления о месте комплексных соединений в многообразии неорганических и органических соединений и их значительной роли при проведении огромного количества химических и биологических процессов; об основных способах синтеза комплексных соединений и физико-химических методах исследования комплексных соединений; о новейших работах в химии комплексных соединений, перспективах их использования в различных областях химии, биологии и других естественных наук;

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
СК-3	имеет представление об образовании комплексов металлов с органическими реагентами;
СК-4	имеет представление об использовании координационных соединений в аналитической химии.

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические представления о строении координационных соединений в историческом аспекте их развития - от работ Вернера до современных теорий кристаллического поля и метода молекулярных орбиталей;

на основе положения элемента в периодической системе оценить его соответствующих элементу комплексных соединений, охарактеризовать строение, свойства, предсказать возможные области использования.

2. должен уметь:

применять для решения практических задач теоретические представления о строении координационных соединений;

оценить реакционную способность, комплексообразующие свойства, наметить возможные пути синтеза лабильность и инертность комплексных соединений;

3. должен владеть:

Владеть навыками:

работы в химической лаборатории, знаний правил хники безопасности;

работы с химической посудой, весами, насосами, установками и приборами;

оформления результатов проделанной учебно-исследовательской работы.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

использовать полученных знаний в решении химических задач.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Типы координационных соединений.	5	1	2	0	4	Устный опрос
2.	Тема 2. Многоядерные комплексы.	5	2	2	0	4	Устный опрос
3.	Тема 3. Изомерия комплексных соединений.	5	3	2	0	4	Контрольная работа
4.	Тема 4. Правило циклов Л. А. Чугаева.	5	4	2	0	4	Устный опрос
5.	Тема 5. Химическая связь в координационных соединениях.	5	5	2	0	2	Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.	5	6	2	0	0	Устный опрос
7.	Тема 7. Механизмы реакций координационных соединений.	5	7	2	0	0	Устный опрос
8.	Тема 8. Обзор способности элементов к комплексообразованию в связи с их положением в периодической системе Д.И.Менделеева.	5	8	2	0	0	Устный опрос
9.	Тема 9. Применение координационных соединений.	5	9	2	0	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			18	0	18	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Типы координационных соединений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Внутренние координационные соединения. Комплексоны металлов. Комплексы с макроциклическими лигандами. Строение молекул порфирина, хлорофилла, гемоглобина крови, фталоцианина. Явление макроциклического эффекта.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Определение методики синтеза КС, подбор реактивов, посуды, освоение методики синтеза заданного КС. Номенклатура КС. Выдача заданий на лабораторный практикум.

Тема 2. Многоядерные комплексы.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Получение термочернил, комплексы с мостиковым строением. Комплексы со связью металл-металл. ?Фонариковые? структуры. Кластерные соединения. Комплексы. Соль Цейзе. Классификация углеводородных комплексов металлов. Диеновые комплексы железа. Фер-роцен.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Синтез заданного КС. Очистка полученного продукта, определение состава синтезированного продукта с помощью химических качественных реакций.

Тема 3. Изомерия комплексных соединений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Геометрическая изомерия. Комплексные соединения с координационным числом 4 и 6. Оптическая изомерия. Понятие о стереохимии. Оптическая активность координационных соединений. Методы разделения оптических изомеров. Эффект Коттона. Гидратная изомерия. Координационная и связевая изомерия. Ионизационная и конформационная изомерия.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Изучение оптических характеристик растворов КС. Изучение спектра поглощения окрашенного КС с помощью фотоэлектрического колориметра-нефелометра ФЭК ? 56 (ФЭК ? 56М).

Тема 4. Правило циклов Л. А. Чугаева.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Историческое развитие правила. Хелатный эффект. Изомерия хелатных комплексов.

лабораторная работа (4 часа(ов)):

Изучение оптических характеристик растворов КС Изучение спектров поглощения КС в ИК- и УФ- областях с помощью ИК- спектрометра и спектрофотометра.

Тема 5. Химическая связь в координационных соединениях.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Теория кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-АО металла в октаэдрическом поле лигандов. Расщепление d-АО металла в тетраэдрическом, тетрагональном и плоскоквадратном полях лигандов. Спектрохимический ряд. Энергия связи в комплексе. Энергия стабилизации кристаллическим полем. Сильные и слабые поля лигандов. Магнитные свойства комплексных соединений. Приложения ТКП. Изменение радиусов 2-х зарядных ионов d-металлов 4 периода. Окислительно-восстановительные свойства и реакционная способность КС. Электронные спектры КС и их окраска.

лабораторная работа (2 часа(ов)):

Подготовка и защита отчёта по лабораторному практикуму. Сдача контрольных задач.

Тема 6. Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Закономерность трансвлияния И.И. Черняева. Экспериментальное обоснование и качественное изучение явления трансвлияния. Количественные характеристики трансвлияния. Теоретические толкования явления трансвлияния.

Тема 7. Механизмы реакций координационных соединений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Некоторые понятия в учении о скоростях и механизмах химических реакций. Молекулярность, порядок реакции, закон скорости. Механизм нуклеофильного замещения лигандов. Активационные параметры реакции. Солевой эффект. Лабильные и инертные координационные соединения. Классификация механизмов реакций замещения в координационных соединениях.

Тема 8. Обзор способности элементов к комплексообразованию в связи с их положением в периодической системе Д.И.Менделеева.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Общие положения. Понятие ?способности к комплексообразованию?. Обзор способности элементов к комплексообразованию по группам ПС Д.И.Менделеева.

Тема 9. Применение координационных соединений.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Аналитическая и органическая химия. Металлокомплексный катализ. Бионеорганическая химия. Красители. Неорганические пигменты. Химическая технология. Другие области применения.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Типы координационных соединений.	5	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Многоядерные комплексы.	5	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Изомерия комплексных соединений.	5	3	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
4.	Тема 4. Правило циклов Л. А. Чугаева.	5	4	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Химическая связь в координационных соединениях.	5	5	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
6.	Тема 6. Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.	5	6	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Механизмы реакций координационных соединений.	5	7	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Обзор способности элементов к комплексообразованию в связи с их положением в периодической системе Д.И.Менделеева.	5	8	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
9.	Тема 9. Применение координационных соединений.	5	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

В процессе преподавания будут использоваться компьютерные (реализуются в рамках системы "учитель-компьютер-ученик" с помощью обучающих программ различного вида (информационных, тренинговых, контролирующих, развивающих и др.), диалоговые (связаны с созданием коммуникативной среды, расширением пространства сотрудничества на уровне "учитель-ученик", "ученик-ученик", "учитель-автор", "ученик-автор" в ходе постановке и решения учебно-познавательных задач), тренинговые (система деятельности по отработке определенных алгоритмов учебно-познавательных действий и способов решения типовых задач в ходе обучения (тесты и практические упражнения) технологии. Балльно-рейтинговая система оценки качества знаний.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Типы координационных соединений.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Биоккомплексы с анионами неорганических кислот. 2. Биоккомплексы с аминокислотами и белками. Транспорт ионов металлов хелатными и макроциклическими биоллигандами. 3. Биоккомплексы с порфиринами. Явление экстраординации.

Тема 2. Многоядерные комплексы.

устный опрос , примерные вопросы:

Многоядерные комплексы.

Тема 3. Изомерия комплексных соединений.

контрольная работа , примерные вопросы:

Пример 1. Комплексный ион $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ имеет тетраэдрическое строение. Какие орбитали комплексообразователя используются для образования связи с молекулами NH_3 ? Решение. Тетраэдрическое строение молекул характерно при образовании sp^3 -гибридных орбиталей.

Пример 2. Почему комплексный ион $[Cu(NH_3)_2]^+$ имеет линейное строение? Решение.

Линейное строение этого иона является следствием образования двух гибридных sp -орбиталей ионом Cu^+ , на которые поступают электронные пары NH_3 . Пример 3. Почему ион $[NiCl_4]^{2-}$ парамагнитен, а $[Ni(CN)_4]^{2-}$ диамагнитен? Решение. Ионы Cl^- слабо взаимодействуют с ионами Ni^{2+} . Электронные пары хлора поступают на орбитали следующего вакантного слоя с $n=4$. При этом $3d$ -электроны никеля остаются неспаренными, что и обуславливает парамагнетизм $[NiCl_4]^{2-}$. В $[Ni(CN)_4]^{2-}$ вследствие dsp^2 -гибридизации происходит спаривание электронов и ион диамагнитен

Тема 4. Правило циклов Л. А. Чугаева.

устный опрос , примерные вопросы:

Правило циклов Л. А. Чугаева.

Тема 5. Химическая связь в координационных соединениях.

контрольная работа , примерные вопросы:

Пример 4. $K[Al(SO_4)_2] \leftrightarrow K^+ + Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$. Двойные соли имеют малостойкую внутреннюю сферу, отличаясь этим от комплексных соединений. Пример 5. Сколько требуется $BaCl_2$, чтобы осадить SO_4^{2-} из 1 моля $K[Al(SO_4)_2]$? Решение. Соль полностью распадается на ионы, следовательно, в растворе находится 2 моля SO_4^{2-} , для осаждения которых по реакции $2Ba^{2+} + 2SO_4^{2-} = 2BaSO_4$ требуется 2 моля Ba^{2+} . Пример 6. Определить концентрации ионов и молекул в 0,1 М растворе $[Zn(NH_3)_4]SO_4$, $K_n = 2,6 \cdot 10^{-10}$. Решение. Диссоциация соли происходит по уравнению $[Zn(NH_3)_4]SO_4 = [Zn(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$, при этом из 0,1 моля соли образуется 0,1 моль комплексного иона и 0,1 моль SO_4^{2-} . Диссоциация $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ протекает в незначительной степени ввиду низкого значения K_n . Из уравнения диссоциации $[Zn(NH_3)_4]^{2+} = Zn^{2+} + 4NH_3$ видно, что $[Zn^{2+}] = 4[NH_3]$. Обозначив $[Zn^{2+}] = x$, получим Решая это уравнение, найдем $x = 2,52 \cdot 10^{-3}$ г·ион/л и, следовательно, $[NH_3] = 10,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Пример 7. Определить степень диссоциации комплексного иона $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ в 0,1 молярном растворе $Zn(NH_3)_4]SO_4$. Решение. Обозначим концентрацию $[Zn^{2+}]$, образовавшегося при диссоциации комплексного иона, через x . Тогда $[NH_3] = 4x$, а $[Zn(NH_3)_4]^{2+} = (0,1 - x)$ моль/л. Подставим равновесные концентрации компонентов в уравнение Поскольку $x \ll 0,1$, то $0,1 - x \approx 0,1$. Тогда $2,6 \cdot 10^{-11} = 256x^5$, $x = 2,52 \cdot 10^{-3}$ моль/л и степень диссоциации комплексного иона $\alpha = 2,52 \cdot 10^{-3} / 0,1 = 0,025 = 2,5\%$.

Тема 6. Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.

устный опрос , примерные вопросы:

Взаимное влияние лигандов во внутренней сфере координационных соединений.

Тема 7. Механизмы реакций координационных соединений.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Токсичность металлов: роль комплексообразования.
2. Краун-эфиры и их металлокомплексы.
3. Криптандалы.
4. Амбидентатные лиганды в современной химии координационных соединений.

Тема 8. Обзор способности элементов к комплексообразованию в связи с их положением в периодической системе Д.И.Менделеева.

устный опрос , примерные вопросы:

Комплексные соединения переходных и непереходных элементов.

Тема 9. Применение координационных соединений.

устный опрос , примерные вопросы:

1. Координационные соединения в химической технологии.
2. Координационные соединения как аналитические реагенты.
3. Координационные соединения как катализаторы. Металлокомплексный катализ.
4. Координационные соединения как органические красители и неорганические пигменты.
5. Применение координационных соединений в качестве лекарственных препаратов.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Химическая связь в комплексных соединениях переходных и непереходных элементов.
2. Лиганды.
3. Строение и изомерия комплексов.
4. Магнитные и спектральные свойства комплексов переходных металлов.
5. Спектрохимический ряд.
6. Устойчивость координационных соединений.
7. Хелаты и хелатный эффект.
8. Комплексоны.
9. Макроциклические лиганды: краун-эфиры, криптандалы.
10. Макроциклический эффект: энтальпийный и энтропийный вклады.
11. Селективность макроциклических лигандов.
12. Комплексы с акцепторными лигандами.
13. Соединения со связью металл-металл.
14. Типы реакций комплексных соединений.
15. Лабильные и инертные комплексы.
16. Взаимное влияние лигандов.
17. Реакции с участием лигандов.
18. Роль комплексных соединений в катализе.
19. Комплексные соединения в биологических системах.
20. Правило циклов Л. А. Чугаева.

7.1. Основная литература:

1. Глинка, Николай Леонидович. Общая химия: [учебное пособие для студентов нехимических специальностей высших учебных заведений и средних профессиональных образовательных учреждений и старших классов средней школы] / Н. Л. Глинка; под ред. д.фармакол.н., д.п.н., проф. В. А. Попкова, д.х.н., проф. А. В. Бабкова. Москва: КноРус, 2011. 746 с.: ил.; 21 см. Библиогр.: с. 886. Имен. и предм. указ.: с. 887-898. ISBN 978-5-406-01437-0 (в пер.), 3000 экз. (1 экз.)

Гринвуд, Н. Химия элементов. В 2 частях (комплект). [Электронный ресурс] / Н. Гринвуд, А. Эрншо. ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 1348 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66374> ? Загл. с экрана.

Эльшенбройх К., Металлоорганическая химия. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 745 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50536> ? Загл. с экрана. Эльшенбройх К., Металлоорганическая химия. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2014. ? 745 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/50536> ? Загл. с экрана.

7.2. Дополнительная литература:

1. Сизова, О.В. Молекулярная симметрия в неорганической и координационной химии. [Электронный ресурс] / О.В. Сизова, Н.В. Иванова, А.А. Ванин. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2016. ? 276 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76285> ? Загл. с экрана. Сизова, О.В. Молекулярная симметрия в неорганической и координационной химии. [Электронный ресурс] / О.В. Сизова, Н.В. Иванова, А.А. Ванин. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2016. ? 276 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76285> ? Загл. с экрана.

2. Улахович Н.А., Медянцева Э.П., Бабкина С.С., Кутырева М.П., Гатаулина А.Р. Металлы в живых организмах. 2012 (Учебное по-собие для лекционного курса 'Основы бионеорганической хи-мии')Подробности: http://kpfu.ru/main_page?p_sub=12946 (19 экз.)

7.3. Интернет-ресурсы:

интернет-ресурс - <http://www.xumuk.ru/>

Курс лекций для студентов химфака ЮФУ (РГУ) -

http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/CoordChem/coord_21.htm

учебник - http://z3950.ksu.ru/bcover/0000807520_con.pdf

учебники -

http://www.takelink.ru/knigi_uchebniki/nauka_obrazovanie/16697-himiya-kordinacionnyh-soedineniy.html

учебное пособие - <http://www.chem.msu.su/rus/books/2007/kiselev/welcome.html>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Введение в химию координационных соединений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Имеется специализированная лаборатория, лекционная аудитория. Лабораторное обо-рудование (ФЭК - 56, электронные весы, термоблок, сушильный шкаф, аналитические весы) и химическая посуда (пробирки, мерные цилиндры, колбы Вюрца, капельные воронки, склянки Тищенко, аппарат Киппа, колбы Бунзена, фарфоровые чашки, ступки с пестиками, спиртовки, железные тигли с крышками, железные ложечки, кристаллизаторы, химические стаканы, щипцы, шпатели, пинцеты, скальпели, газометр, воронки, U-образные трубки, стеклянные банки, стеклянные пластинки). Ноутбук. Мультимедийный проектор. Графопроектор. Библиотечный фонд.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 44.03.01 "Педагогическое образование" и профилю подготовки Химия .

Автор(ы):

Сагитова Р.Н. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Низамов И.Д. _____

"__" _____ 201__ г.