

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
общей и неорганической химии



Семенов В.Н.

21.06.2018 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **С.1.В.ДВ.4.1 Химия координационных соединений**

- 1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:** 04.05.01 по специальности «Фундаментальная и прикладная химия»
- 2. Профиль подготовки/специализации:** «Фундаментальная и прикладная химия»
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** Специалист
- 4. Форма образования:** Очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Кафедра общей и неорганической химии
- 6. Составители программы** Семенов Виктор Николаевич, д.х.н., профессор
- 7. Рекомендована:** НМС химического факультета, протокол № 5 от 24.05.2018

8. Учебный год: 2021/ 2022

Семестр(-ы): 8

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** химия координационных соединений является одним из основных направлений по которому развивается неорганическая химия. Химия координационных соединений существенно связан с органической и аналитической химией, фарм-, био- и геохимией. Основной целью курса изложение теоретических представлений, позволяющих детально разобраться в процессах образования и свойствах координационных соединений. Изучение теории химического строения, кинетики и термодинамики комплексообразования позволяет решить следующие задачи: 1.Разработка методов математического моделирования сложных равновесных систем с целью синтеза координационных соединений с заданными свойствами, важными в практическом отношении; 2.Изучение свойств координационных соединений с помощью физических и физико-химических методов исследования.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП** - С1.В.ДВ Курс относится к профессиональному циклу, вариативная часть, дисциплины по выбору.

Необходимо владеть целостным представлением о кристаллохимическом строении и природе химической связи неорганических соединений, знать механизмы образования химической связи, уметь применять методы валентных связей и молекулярных орбиталей для описания строения неорганических соединений.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	<u>знать:</u> - основные понятия и определения химии координационных соединений; - теорию химической связи; <u>уметь:</u> - использовать основные понятия и законы химии координационных соединений,
ПК-3	Владение системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	<u>знать:</u> - теорию комплексообразования в растворах; <u>уметь:</u> - проводить расчеты по формулам и уравнениям реакций; <u>владеть:</u> - навыками исследования физико-химических свойств комплексных соединений.
ПК-4	Способность применять основные естественнонаучные законы при обсуждении полученных результатов	<u>знать:</u> основные закономерности протекания химических реакций с участием комплексов; <u>уметь:</u> - синтезировать координационные соединения; <u>владеть:</u> навыками описания свойств комплексов

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. (в соответствии с учебным планом)** 4 зач. ед. / 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) зачет с оценкой**

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра	№ семестра	...
Аудиторные занятия	72	8		
в том числе:				
лекции	18	8		
практические				
лабораторные	54	8		
Самостоятельная работа	72	8		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час / экзамен – 36 час.)				
Итого:	144	8		

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение	Основные понятия химии координационных соединений.
1.2	Типы координационных соединений	Классификация координационных соединений. Лиганды: молекулы воды, гидроксильный ион, амины. Лиганды: органические лиганды. Ацидокомплексы. Карбонильные соединения. Изоцианиды.
1.3	Химическая связь в координационных соединениях	Химическая связь с электростатической точки зрения. Теория валентных связей. Теория кристаллического поля. Метод молекулярных орбиталей
1.4	Общая характеристика равновесных систем при комплексообразовании	Устойчивость комплексов. Равновесия в растворах координационных соединений. Распределительные диаграммы и диаграммы преобладания комплексных форм. Ступенчатый характер равновесий. Смешанные комплексы. Факторы, влияющие на устойчивость комплексной частицы. Теория Пирсона.
1.5	Реакции и синтез координационных соединений	Механизмы реакций координационных соединений. Лабильные и инертные координационные соединения. Окислительно-восстановительные свойства координационных соединений. Синтез координационных соединений.
1.6	Физические методы исследования координационных соединений	Дифракционные методы исследования координационных соединений. Общие положения спектроскопии и ее применение в исследовании координационных соединений. Потенциометрия, полярография. Магнитные свойства комплексов.
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.1	Комплексообразование в растворах	Синтез координационных соединений осаждение катионных, анионных и смешанных комплексов в виде твердой фазы. Константы устойчивости : математическое моделирование. Термическая устойчивость комплексных соединений. Распределение молекулярных форм при комплексообразовании. Константа устойчивости, связь с произведением растворимости.
3.2	Окислительно-восстановительные реакции при комплексообразовании	Классификация окислительно-восстановительных реакций. Реакции с изменением степени окисления комплексообразователя и лигандов.

3.3	Влияние растворителя и pH среды на скорость процесса комплексообразования.	Классификация растворителей. Координационные свойства растворителей. Донорная сила растворителя. Механизм гетерогенных реакций.
3.4	Кислотно-основные превращения координационных соединений	Кислотно-основные свойства комплексных соединений. Концепция кислот и оснований. Теория жестких и мягких кислот и оснований.
3.5	Физико-химические методы исследования координационных соединений	Определение констант устойчивости комплексов в растворах. Оптические и рентгеновские исследования состава комплексных соединений. ИК-спектроскопия: выявление донорного атома лиганда; качественный анализ формирования водородных связей в комплексах; определение дентатности лиганда и координационного числа комплексообразователя.

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.1	Введение	2		-		2
1.2	Типы координационных соединений	4		6	8	18
1.3	Химическая связь в координационных соединениях	4		-	14	18
1.4	Общая характеристика равновесных систем при комплексообразовании	2		10	20	32
1.5	Реакции и синтез координационных соединений	4		14	20	36
1.6	Физические методы исследования координационных соединений	2		24	10	36
	Итого:	18		54	72	144

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;
- работа с конспектами лекций,
- выполнение заданий текущей аттестации
- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гончаров Е.Г. Теоретические основы неорганической химии / Е.Г.Гончаров, Ю.П.Афиногенов, В.Ю. Кондрашин, А.М.Ховив,.. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2014. – 589 с.

б) дополнительная литература:

№	Источник
---	----------

п/п	
2	Киселев Ю.М. <i>Химия координационных соединений</i> / Ю.М. Киселев. – М. : Издательство Юрайт, 2014. – 657 с.
3	Кукушкин Ю.Н. <i>Химия координационных соединений</i> / Ю.Н. Кукушкин. – М.: Высш. шк., 1985. – 455с.
4	Скопенко В.В. <i>Координационная химия</i> / В.В. Скопенко, А.Ю. Цивадзе, Л.И. Савранский, А.Д. Тарновский. – М. : ИКЦ Академкнига, 2007. – 487 с.
5	Костромина Н.А. <i>Химия координационных соединений</i> / Н.А. Костромина [и др.]. – М.: Высш.шк., 1990. – 431с.
6	Берсукер И.Б. <i>Электронное строение и свойства координационных соединений</i> / И.Б. Берсукер. – Л.: Химия, 1986. – 286с.
7	Кукушкин Ю.Н. <i>Реакционная способность координационных соединений</i> / Ю.Н. Кукушкин. – Л.: Химия, 1987. – 288с.
8	Накамото К. <i>ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений</i> / К. Накамото. – М.: Мир, 1991. – 355с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
9	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> .-ЗНБ ВГУ
10	<a href="http://www.nist.gov/srd/nist.46.htm">http://www.nist.gov/srd/nist.46.htm</a>
11	<a href="http://www.hyperquad.co.uk">http://www.hyperquad.co.uk</a>
12	<a href="http://www.acadsoft.co.uk">http://www.acadsoft.co.uk</a>
13	<a href="http://nobelprize.org/chemistry/index.htm">http://nobelprize.org/chemistry/index.htm</a>

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Семенов В.Н. <i>Химия координационных соединений</i> / В.Н. Семенов, С.Ю.Васильева, А.Ю.Завражных// Учебное пособие – Воронеж :Издательский дом ВГУ, 2016 – 38 с.
2	Спектральные методы анализа .Практическое руководство: Учебное пособие / Под ред. В.Ф. Селеменева и В.Н. Семенова. – СПб. : Издательство Лань, 2014. – 416 г.

#### 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

#### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Стандартное оборудование химической лаборатории (вытяжной шкаф, газовые горелки, мойка, сушильный шкаф, средства пожаротушения).  
*Химические реактивы, химическая посуда, лабораторное оборудование (весы электронные, рН-метр, штативы, асбестированные сетки, тигельные щипцы и т.д.).*

#### 19. Фонд оценочных средств:

##### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и

### планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	<u>знать:</u> - основные понятия и определения химии координационных соединений; - теорию химической связи;	1.2. Типы координационных соединений 1.3. Химическая связь в координационных соединениях	Контрольная работа
	<u>уметь:</u> - использовать основные понятия и законы химии координационных соединений,	1.2. Типы координационных соединений	Устный опрос
ПК-3 Владение системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	<u>знать:</u> - теорию комплексообразования в растворах;	1.4. Общая характеристика равновесных систем при комплексообразовании	Устный опрос
	<u>уметь:</u> - проводить расчеты по формулам и уравнениям реакций;	1.5. Реакции и синтез координационных соединений	Контрольная работа
	<u>владеть:</u> - навыками исследования физико-химических свойств комплексных соединений.	1.6. Физические методы исследования координационных соединений	Практическое задание
ПК-4 Способность применять основные естественнонаучные законы при обсуждении полученных результатов	<u>знать:</u> основные закономерности протекания химических реакций с участием комплексов;	1.5. Реакции и синтез координационных соединений	Устный опрос
	<u>уметь:</u> - синтезировать координационные соединения;	1.4. Общая характеристика равновесных систем при комплексообразовании	Устный опрос
	<u>владеть:</u> навыками описания свойств комплексов	1.2. Типы координационных соединений	Контрольная работа
<b>Промежуточная аттестация</b>			КИМ

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

владение теоретическими основами химии координационных соединений, способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач ....

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

	Уровень	
--	---------	--

Критерии оценивания компетенций	сформированности компетенций	Шкала оценок
Всесторонние и глубокие знания материала, предусмотренного программой; полные, обоснованные ответы на все вопросы. Ответ соответствует в полной мере всем перечисленным компетенциям.	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
Полное знание учебного материала, предусмотренного программой; ответ обоснован, аргументирован, но допущены ошибки и неточности, которые исправлены после замечаний преподавателя. Ответ соответствует не полностью освоению компетенций.	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
Знание основного учебного материала, предусмотренного программой; ответ неполный, без обоснований, объяснений, с ошибками, которые устраняются по дополнительным вопросам преподавателя. Ответ показывает недостаточное владение компетенциями.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
Знания несистематические, отрывочные; в ответах допущены грубые, принципиальные ошибки, которые не устраняются после наводящих вопросов преподавателя. Отказ от ответа. Компетенции не освоены.	–	<i>Неудовлетворительно</i>

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Координационная теория Вернера.
2. Проявление лигандом новых химических свойств в результате координации
3. Типы координационных соединений
4. Роль растворителя в координационной химии
5. Изомерия комплексных соединений
6. Твердофазное термическое разложение
7. Химическая связь в координационных соединениях. Теория валентных связей.
8. Механизмы реакций координационных соединений
9. Теория кристаллического поля
10. Реакции тиокарбамидных комплексов
11. Метод молекулярных орбиталей
12. Лиганды – молекулы воды и ион гидроксила
13. Координационные соединения с необычными координационными числами
14. Учение о скоростях и механизмах химических реакций комплексов
15. Комплексообразование в растворах. Константа нестойкости и устойчивости
16. Основные принципы синтеза координационных соединений
17. Реакции комплексных частиц
18. Факторы, определяющие величины констант устойчивости
19. Распределительные диаграммы координационных соединений
20. Теория Пирсона
21. Концепция эффективного атомного номера. Правило «18 электронов».
22. Общая характеристика равновесных систем при комплексообразовании
23. Экспериментальные методы исследования координационных соединений
24. Расчет констант устойчивости неоднородных комплексов
25. Оптические методы исследования координационных соединений
26. Реакционная способность галогенидных лигандов
27. Инфракрасная спектроскопия в химии координационных соединений

28. Нитратные и карбонатные лиганды
29. Правило циклов Чугаева
30. Типы окислительно-восстановительных превращений координационных соединений

#### 19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ

1. Используя электростатическую теорию, объясните, какой комплекс прочнее: 1)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  или  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ ; 2)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  или  $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$ ; 3)  $[\text{BeF}_4]^{2-}$  или  $[\text{BeCl}_4]^{2+}$ ; 4)  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  или  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ ; 5)  $[\text{TiF}_6]^{2-}$  или  $[\text{ZrF}_6]^{2-}$ .
2. Ион  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$  парамагнитен, так как имеет два неспаренных электрона, а ион  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  – диамагнитен. Каков тип гибридизации комплексообразователя в каждом комплексе и каково их пространственно-геометрическое строение?
3. Изобразите диаграмму расщепления 3d-подуровня комплексообразователя в комплексе  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ , укажите его магнитные свойства и окраску (окрашен или бесцветен).
4. На основе теории кристаллического поля объясните, почему комплексные соединения хрома (+3) окрашены, а цинка (+2) – бесцветны.

#### 19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: *устного опроса (индивидуальный опрос)*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.