

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра химии**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Батыгов З.О.

2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ХИМИЯ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Факультет:** химико-биологический

**Направление подготовки /специальность:** 04.03.01. Химия

**Программа:** академический бакалавриат

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

МАГАС 20 18 г.



## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Целями освоения дисциплины «Химия координационных соединений»

являются:

- рассмотрение основных понятий химии координационных соединений;
- изучение представителей отдельных классов координационных соединений, их номенклатуры, параметров химического связывания в молекулах, их геометрической конфигурации, видов изомерии;
  - ознакомление с основными физико-химическими методами исследования строения и свойств координационных соединений, методиками их синтеза, очистки и идентификации;
  - освоение и углубление знаний по термодинамическому и кинетическому описанию реакций комплексных частиц;
  - формирование представлений об использовании координационных соединений в различных областях человеческой жизни.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Химия координационных соединений» относится к вариативной части дисциплинам по выбору и является альтернативной дисциплиной; изучается в 8 семестре.

Химия координационных соединений, как самостоятельное научное направление, является важной составной частью химической науки. Ее результаты и достижения оказывают существенное влияние на развитие и решение как фундаментальных, так и практических задач общества и используются во многих сферах жизнедеятельности человечества: в промышленном и сельскохозяйственном производствах, в решении экологических задач, в медицине, в пищевой промышленности. Теоретический арсенал химии координационных соединений и сами координационные соединения широко используются практически во всех отраслях химической науки: аналитической и органической химии, биохимии, катализе, электрохимии, фотохимии, теории растворов и т.д. В связи с этим развитие теоретического и экспериментального базиса химии координационных соединений как междисциплинарной науки имеет общехимическое и, в целом, общенаучное значение.

Таблица 2.1.

**Связь дисциплины «Химия координационных соединений» с предшествующими дисциплинами и сроки их изучения**

Код дисциплины	Дисциплины, предшествующие дисциплине «Химия координационных соединений»	Семестр
Б1.Б.5	Математика	1-4
Б1.Б.6	Физика	1-4
Б1.В.ДВ.1	Элементарный курс химии	1
Б1.Б.8	Неорганическая химия	2,3
Б1.В.ОД.4	Кристаллохимия	5
Б1.В.ДВ.1	Избранные главы неорганической химии	6
Б1.Б.10	Органическая химия	6,7
Б1.Б.11	Физическая химия	6,7

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**знать:**

- основные понятия химии координационных соединений;
- номенклатуру и изомерию комплексных соединений;
- особенности комплексообразования в различных агрегатных состояниях;
- теорию координационных соединений;
- физико-химические методы исследования строения и свойств, методики их синтеза, очистки и идентификации;
- о возможности применения термодинамического и кинетического подходов к описанию реакций комплексных частиц;
- об использовании координационных соединений в различных областях человеческой жизни.

**уметь:**

- систематизировать и обобщать знания, полученные при изучении лекций и других учебно-научных источников информации;

- свободно и грамотно излагать теоретический материал по основным вопросам химии координационных соединений;
- использовать современные физико-химические подходы, приемы и методы для изучения особенностей протекания реакций комплексных частиц;
- использовать полученные знания для постановки, проведения и интерпретации результатов экспериментальной работы;

**владеть:**

- методикой проведения химического эксперимента в лабораторных условиях;
- умением правильного объяснения результатов эксперимента, если даже результат отрицательный;
- методами оказания первой помощи при несчастных случаях в химической лаборатории;
- физико-химическими методами исследования строения и свойств;
- методикой синтеза, очистки и идентификации комплексных соединений.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

**а) общекультурных (ОК) – ОК-6.**

**б) профессиональных (ПК) – ПК-3, ПК-11.**

Таблица 3.1.

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины  
«Химия координационных соединений», с временными этапами освоения ее  
содержания**

Коды компетенций (ФГОС)	Компетенция	Семестр изучения
ОК-6	Способность работать в коллективе толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	8
ПК-3	Владение системой фундаментальных химических понятий	8
ПК-11	Владение навыками планирования и организации работы структур-ного подразделения	8

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

**Объем дисциплины и виды учебной работы**

Вид учебной работы	Всего часов	8 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	32	32
Лекции	20	20
Практические занятия	10	10
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Самостоятельная работа студентов (СРС)	76	76
Контроль	36	36

**5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ  
(РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА  
АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ  
ЗАНЯТИЙ**

Таблица 5.1.

Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы			Формы текущего контроля успеваемости
				лек ции	практ.	сам.р.	
1.	Основные понятия химии координационных соединений. Химическая связь в координационных соединениях	8	1-3	4	2	14	Тестовый контроль
2.	Комплексообразователи и лиганды; изомерия координационных соединений.	8	4-6	4	2	16	Контрольная работа
3.	Термодинамика комплексообразования. Физико-химические методы в координационной химии.	8	7-9	4	2	16	Коллоквиум
4.	Синтез и реакционная способность координационных соединений.	8	10-12	4	2	16	Контрольная работа
5.	Прикладные аспекты химии координационных соединений.	8	13-14	4	2	14	Коллоквиум
	Итого:			20	10	76	экзамен

Таблица 5.2.

## Конкретизация результатов освоения дисциплины

<i>ОК-6 Способность работать в коллективе толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия</i>		
<b>Знать:</b> законы развития общества, социальной группы, коллектива; основы психологии взаимоотношений.	<b>Уметь:</b> выражать и обосновывать собственную позицию в сфере профессиональной деятельности; работать в научном коллективе.	<b>Владеть:</b> навыками делового общения, межличностных отношений, навыками разрешения конфликтов, социальной адаптации.
<i>ПК-3 Владение системой фундаментальных химических понятий</i>		
<b>Знать:</b> основы фундаментальных разделов химии: неорганической химии (состав, строение, свойства веществ и соединений), органической химии (основные классы углеводородов, гомофункциональных, гетерофункциональных и гетероциклических соединений), аналитической химии (метрологические основы анализа, существо реакций, принципы и области использования химического анализа), физической химии (основы термодинамики, теории растворов и фазовых равновесий, химической кинетики и катализа, электрохимии); перспективы развития наук; роль химического анализа, основные особенности свойств высокомолекулярных систем (структура, свойства, методы синтеза, области применения полимеров), теоретические основы химико-технологических процессов; основные приближения квантовой химии; теоретические основы коллоидной химии, теорию строения кристаллов и схему их квалификации; возможные сферы их связи и приложения, возможность их	<b>Уметь:</b> применять теоретические знания для решения конкретных задач в химии; пользоваться современными представлениями основных разделов естественных наук для объяснения специфики поведения химических соединений; использовать данные по строению веществ и соединений для изучения их свойств; использовать структурные данные в исследовании.	<b>Владеть:</b> основами теории фундаментальных разделов химии; навыками решения конкретных теоретических и экспериментальных задач.



использования в познавательной и профессиональной деятельности; перспективы развития биотехнологии.		
<i>ПК-11 Владение навыками планирования и организации работы структурного подразделения</i>		
<b>Знать:</b> основы планирования, основы организации работы структурного подразделения, сущность организации руководства структурным подразделением (школьным, дошкольным и другими воспитательными и образовательными учреждениями; производственными учреждениями; сущность понятий «менеджмент», «руководство».	<b>Уметь:</b> планировать работу структурного подразделения	<b>Владеть:</b> навыками планирования и организации работы структурного подразделения.

### Содержание дисциплины «Химия координационных соединений»

#### 1. Основные понятия химии координационных соединений. Химическая связь в координационных соединениях.

Краткая история развития химии координационных соединений. Общие сведения и понятия о координационных соединениях. Центральный атом – комплексообразователь, лиганды, внутренняя и внешняя координационные сферы. Степень окисления и координационное число центральных ионов. Дентатность лигандов. Диссоциация в растворах комплексных частиц. Классификация и правила номенклатуры координационных соединений. Детальные, полные и сокращенные формулы координационных соединений. Особенности комплексообразования в различных агрегатных состояниях (твердая, жидкая и газовая фазы). Модельные подходы к объяснению параметров химического связывания в координационных соединениях. Электростатический подход: модель мультипольных взаимодействий и концепция электронейтральности. Теория кристаллического поля. Объяснение спектральных и магнитных свойств комплексов. Проблема стабилизации состояний окисления комплексообразователей. Эффект Яна-Теллера. Метод валентных связей. Низко- и высокоспиновые комплексы. Внутри- и внешнеорбитальные комплексы. Теория поля лигандов как развитие теории кристаллического поля. Анализ возможностей и ограничений применения подходов к описанию химической связи в комплексных частицах.

#### 2. Комплексообразователи и лиганды. Изомерия координационных соединений.

Обзорный анализ комплексообразующих свойств элементов 1 – 8 групп Периодической системы: значения координационных чисел, характерные лиганды, устойчивости и геометрия комплексов, наиболее адекватные модели строения комплексов. Щелочные и щелочно-земельные металлы как комплексообразователи. Типы образуемых комплексов и их устойчивость. Координационные соединения р-элементов. Особенности комплексообразования редкоземельных элементов (РЗЭ). Закономерности

изменения устойчивости и строения координационных соединений в ряду РЗЭ, роль "лантаноидного" сжатия. Общая классификация лигандов. Лиганды молекулярных комплексов: атомы, ионы, дигомо-, полигомо- и гетероядерные неорганические молекулы, органические соединения. Амбидентатность лигандов. Хелатные лиганды, понятие о хелатном и полихелатном эффектах. Макроциклические лиганды, их классификация по Яцимирскому. Макроциклический эффект. Лиганды комплексов с многоцентровыми координационными связями. Лиганды ди- и полиядерных комплексов. Молекулы растворителей как лиганды сольваток комплексов. Донорная сила растворителей.

Типы изомерии координационных соединений: гидратная, ионизационная, координационная (в т.ч. координационная полимерия), структурная, изомерия связи, геометрическая, оптическая и конформационная. Влияние типа изомерии координационного соединения на его физико-химические свойства.

### **3. Термодинамика комплексообразования. Физико-химические методы в координационной химии**

Термодинамические характеристики реакций комплексообразования, их взаимосвязь. Константы устойчивости координационных соединений. Методы стандартизации термодинамических параметров комплексообразования. Расчеты равновесий комплексообразования. Основные факторы, влияющие на устойчивость комплексов. Ряд Ирвинга-Уильямса для изохорно-изозарядных ионов. Температурные зависимости констант устойчивости как отражение ковалентного и электростатического вкладов в координационную связь. Закономерности изменения последовательных констант устойчивости (статистическая и "химическая" компоненты, влияние природы лиганда, спинового состояния, гибридизации). Термодинамика хелатного, полихелатного и макроциклического эффектов. Влияние растворителя как среды и химического реагента на комплексообразование.

Общая стратегия применения физико-химических методов в координационной химии. Дифракционные методы (рентгенография, электронография, нейтронография). Спектроскопические методы (ЯМР, ЭПР, ЯКР, КР,  $\gamma$ -резонансная, абсорбционная в широком диапазоне длин волн (от УФ до радиочастотной и др.). Электрохимические методы (потенциометрия, полярография). Экстракционные методы. Калориметрические методы, в т.ч. методы термического анализа. Исследования растворимости. Ионообменные методы. Компьютерное моделирование.

### **4. Синтез и реакционная способность координационных соединений**

Стратегия синтеза координационных соединений. Прямые и косвенные пути синтеза. Термодинамически и кинетически контролируемые реакции синтеза. Примеры синтеза координационных соединений с монодентатными, хелатными и макроциклическими лигандами. Особенности синтеза полиядерных соединений. Темплатный синтез комплексных частиц. Методы синтеза, связанные с замораживанием равновесий комплексообразования. Окисление или восстановление доминирующего комплекса в системе комплексных частиц. "Генеалогический" синтез.

Классификация реакций комплексных частиц. Формальная кинетика описания реакций. Понятие о кинетической устойчивости координационных соединений. Механизмы реакций замещения лигандов. Особенности термолитического разложения комплексных частиц. Эффекты транс-влияния в квадратных и октаэдрических комплексах.

### **5. Прикладные аспекты химии координационных соединений**

Координационные соединения в живых организмах. Биометаллы, их краткая характеристика. Понятие о биокоординационной химии. Биок комплексы и биокластеры. Биок комплексы с анионами неорганических кислот. Биок комплексы с аминокислотами и

белками. Биоккомплексы с порфиринами. Токсичность металлов: роль комплексообразования.

Основные аспекты применения координационных соединений. Комплексные соединения платины как противоопухолевые препараты. Проблемы разработки лекарственных форм на их основе. Применение летучих координационных соединений в технологии получения материалов из газовой фазы (MOCVD). Основные разновидности материалов, получаемых по технологии CVD. Перспективы применения гетероядерных соединений при синтезе многокомпонентных материалов. Особенности различных способов перевода комплексных соединений в пар, выбор оптимального способа в соответствии с природой комплекса. Комплексы в гальванотехнике, аналитической химии и др. областях.

## **6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Изучение теоретического материала осуществляется с помощью электронных средств обучения при непосредственном прочтении данного материала лектором.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются традиционные письменные и устные контрольные мероприятия (коллоквиумы, контрольные работы).

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Самостоятельная работа студентов по курсу призвана не только закреплять и углублять знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

При выполнении плана самостоятельной работы студенту необходимо изучить теоретический материал, не только в учебниках и учебных пособиях, указанных в библиографических списках, но и познакомиться с публикациями в периодических изданиях.

Лекционные занятия проводятся 1 раз в неделю в объеме 2 часов и 2 часов практических занятий в восьмом учебном семестре. После окончания изучения каждой темы студенты проходят собеседование, выполняют контрольные работы.

- 7.1. Перечень-учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине:
1. Басоло Ф., Джонсон Р. Химия координационных соединений. – М.:Мир, 2006.
  2. Гринберг А.А. Введение в химию координационных соединений. – М. – Химия, 2006.
  3. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. – М.:ВШ., 1985.
  4. Кукушкин В.Ю., Кукушкин Ю.Н. Теория и практика синтеза координационных соединений. – Л.:Наука, 1990.

7.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Таблица 7.1.. Содержание самостоятельной работы обучающихся**

<i>Номер раздела (темы)</i>	<i>Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Формы работы</i>
1.	Основные понятия химии координационных соединений. Химическая связь в координационных соединениях	14	собеседование, тестовый контроль
2.	Комплексообразователи и лиганды; изомерия координационных соединений.	16	собеседование, тестовый контроль
3.	Термодинамика комплексообразования. Физико-химические методы в координационной химии.	16	собеседование, тестовый контроль
4.	Синтез и реакционная способность координационных соединений.	16	собеседование, тестовый контроль
5.	Прикладные аспекты химии координационных соединений.	16	собеседование, тестовый контроль

#### **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Фонды оценочных средств и критерии оценки представлены отдельно, как приложение к рабочей программе.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература:**

1. Басоло Ф., Джонсон Р. Химия координационных соединений. – М.: Мир, 2006.
2. Гринберг А.А. Введение в химию координационных соединений. – М. – Химия, 2006.
3. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. – М.: ВШ., 1985.
4. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. – М.: Высшая школа, 1985.
5. Скопенко В.В., Григорьева В.В. Координационная химия. – Киев, Вища школа, 1987.
6. Кукушкин В.Ю., Кукушкин Ю.Н. Теория и практика синтеза координационных соединений. – Л.: Наука, 1990.
7. Бек М., Надьпал И. Исследование комплексообразования новейшими методами, Пер. с англ. – М.: Мир, 2009.
8. Березин Б.Д. Координационные соединения порфиринов и фталоцианина. – М.: Наука, 2008.
9. Бальхаузен К. Введение в теорию поля лигандов. – М.: Мир, 2004.
10. Берсукер И.Б. Электронное строение и свойства координационных соединений. – Л.: Химия, 1986.
11. Ливер Э. Электронная спектроскопия неорганических соединений. – М.: Мир, 2007.
12. Свиридов Д.Т. и др. Оптические спектры ионов переходных металлов в кристаллах. – М.: Наука, 1976.
13. Третьяков Ю.Д. и др. Неорганическая химия В 2-х кН. – М.: Химия, 2001.
14. Координационная химия редкоземельных элементов. Под ред. В.И. Спицына. – МГУ, 1979.

### **б) дополнительная литература:**

1. Ракитин Ю.В., Ларин Г.М., Минин В.В. Интерпретация спектров ЭПР координационных соединений. – М.: Наука, 1993.
2. Кисилев Ю.М. Стабилизация состояний окисления при координации. – Журнал

неорг. Химии, 2002, т.47, № 4, с. 540-554.

3. Мартыненко Л.И. Особенности комплексообразования РЗЭ (III). – Успехи химии, 1991, т.60, № 9, с.1969-1982.

4. Комплексообразование в неводных растворах. – Г.А.Крестов, В.Н.Афанасьев, А.В.Агафонов и др. – М.: Наука, 1989.

5. Инцеди Я. Применение комплексов в аналитической химии. – М.: Мир, 1979.

6. Биологические аспекты координационной химии // Яцимирский К.Б., Братушко Ю.И., Бударин Л.И. и др. Под общ ред. К.Б.Яцимирского. – Киев: Наукова думка, 1979.

7. Конкурентная координация: амбидентатные лиганды в современной химии металлокомплексных соединений // А.Д.Гарновский, Д.А.Гарновский, И.С. Васильченко и др. - Успехи химии, Т.66, №5, 1997, с. 434-462.

#### **в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Любые поисковые системы, научная электронная библиотека e-LIBRARY.RU:  
<http://elibrary.ru> .

### **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины необходимо наличие лекционной аудитории оснащенной мультимедийным оборудованием. В библиотеке имеется необходимая для самостоятельной работы студентов литература и компьютеры, оснащенные выходом в Интернет.