

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Электронное строение координационных соединений»**

Кафедра неорганической химии и химической экологии

Образовательная программа  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Направленность (профиль) программы  
Неорганическая химия

Уровень высшего образования  
Специалитет

Форма обучения  
Очная


Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую участниками образовательных отношений

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины «Электронное строение координационных соединений» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» от 13 июля 2017 г. N 652

Разработчик: кафедра неорганической химии и химической экологии, к.х.н., доцент, Гасангаджиева У.Г.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры неорганической химии и химической экологии  
от «31» 05 2021г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Исаев А.Б.  
(подпись) (Ф.И.О)

на заседании Методической комиссии химического факультета  
от «18» 06 2021г., протокол № 12

Председатель  Гасангаджиева У.Г.  
(подпись) (Ф.И.О)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением «09» 07 2021г.

/ Начальник УМУ  Гасангаджиева А.Г.  
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Электронное строение координационных соединений» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений ОПОП специалитета по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Дисциплина реализуется на химическом факультете Дагестанского государственного университета кафедрой неорганической химии и химической экологии.

Содержание дисциплины. Курс "Электронное строение координационных соединений" имеет своей целью усвоение фундаментальных знаний в области современной координационной химии; развитие навыков решения практических задач в области химии комплексных соединений.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-6, профессиональных – ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольная работа, коллоквиум\_* и промежуточный контроль в форме *зачета.*

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе 72 академических часов по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия							СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен)
	в том числе:								
	всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
		всего	из них						
	Лекц ии	Лаборат орные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации				
9	72	68	18	50				4	зачет

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины: рассмотрение основных подходов к изучению современной теории электронного строения координационных соединений.

Основной задачей, решаемой в процессе изучения курса, является приобретение обучающимися четких представлений об основных методах изучения электронного строения координационных соединений.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электронное строение координационных соединений» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений ОПОП специалитета по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

Курс строится на базе знаний по химическим и физическим дисциплинам, а также высшей математике, химии координационных соединений объём которых определяется программами химического образования в высшей школе.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код и наименование компетенции из ОПОП	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
ОПК-6 Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1. Грамотно составляет отчет о проделанной работе в письменной форме	<b>Знает:</b> требования к рабочему журналу химика; правила составления протоколов отчетов химических опытов; требования к представлению результатов исследований в виде курсовых и квалификационных работ. <b>Умеет:</b> представить результаты опытов и расчетных работ согласно требованиям в данной области химии; представить результаты химических исследований в соответствии с требованиями к квалификационным работам. <b>Владеет:</b> опытом представления результатов экспериментальных и расчетно-теоретических работ в виде протоколов испытаний, отчетов, курсовых и квалификационных работ	Письменный опрос, устный опрос, тестирование
	ОПК-6.2. Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке	<b>Знает:</b> требования к тезисам и научным статьям химического профиля; <b>Умеет:</b> составить тезисы доклада и отдельные разделы статьи на русском и английском языке <b>Владеет:</b> навыками представления результатов собственных научных изысканий в компьютерных сетях и информационной научно-образовательной среде	Проведение лабораторных работ.
	ОПК-6.3. Представляет результаты работы в устной форме на русском и английском языках	<b>Знает:</b> грамматику, орфографию и орфоэпию русского и английского языка. <b>Умеет:</b> представить результаты исследований в виде постера; формулировать вопросы к членам профессионального сообщества и отвечать на вопросы по теме проведенного исследования; грамотно и логично изложить результаты проделанной работы в устной форме на русском и английском языке. <b>Владеет:</b> свободно русским и английским языком.	прием лабораторных работ, оформление лабораторного журнала
ПК-1. Способен	ПК-1.1. Собирает	<b>Знает:</b> Знает перечень открытых источников	Письменный

проводить сбор, анализ и обработку литературных данных для решения поставленной задачи в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	информацию по тематике научного проекта в выбранной области химии с использованием открытых источников информации и специализированных баз данных	информации и специализированных баз данных в области неорганической химии. <b>Умеет:</b> пользоваться электронными ресурсами и базами данных, а так же периодическими изданиями в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками сбора информации по тематике научного проекта в области неорганической химии с использованием открытых источников информации и специализированных баз данных, в том числе Scopus и Web of Science.	опрос, устный опрос, тестирование
	<b>ПК-1.2.</b> Анализирует и обрабатывает литературные данные по тематике исследования в выбранной области химии	<b>Знает:</b> знает методы систематизации и классификации литературных данных по тематике исследования в области неорганической химии. <b>Умеет:</b> систематизировать и классифицировать литературные данные по тематике исследования в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками систематизации и классификации литературных данных по тематике исследования в области неорганической химии.	Проведение лабораторных работ.
<b>ПК-2.</b> Способен планировать работу и выбирать методы решения поставленных задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>ПК-2.1.</b> Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий.	<b>Знает:</b> методы составления планов отдельных стадий и общего плана исследования в области неорганической химии. <b>Умеет:</b> составлять планы отдельных стадий и общий плана исследования в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками составляет общего плана исследования в области неорганической химии и детальных планов отдельных стадий.	Письменный опрос, устный опрос, тестирование
	<b>ПК-2.2.</b> Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.	<b>Знает:</b> экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи в области неорганической химии. <b>Умеет:</b> выбирать экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи в области неорганической химии исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов. <b>Владеет:</b> навыками выбора экспериментальных и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя в области неорганической химии из имеющихся материальных и временных ресурсов.	Проведение лабораторных работ.
	<b>ПК-2.3.</b> Планирование и проведение научно-исследовательских работ по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство.	<b>Знает:</b> методы нормативные документы по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство. <b>Умеет:</b> планировать и проводить научно-исследовательские работы по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство. <b>Владеет:</b> навыками планирования и проведения научно-исследовательских работ по разработке и внедрению нормативных документов по системам стандартизации, разработки и постановки продукции на производство.	прием лабораторных работ, оформление лабораторного журнала

<p><b>ПК-3.</b> Способен проводить экспериментальные и расчетно-теоретические работы по заданной теме в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках</p>	<p><b>ПК-3.1.</b> Проводит экспериментальные исследования по заданной теме в выбранной области химии</p>	<p><b>Знает:</b> методы проведения экспериментальных исследований по заданной теме в области неорганической химии.  <b>Умеет:</b> проводить экспериментальные исследования по заданной теме в области неорганической химии.  <b>Владеет:</b> навыками проведения экспериментальных исследований под руководством руководителя по заданной теме в области неорганической химии.</p>	<p>Письменный опрос, устный опрос, тестирование</p>
	<p><b>ПК-3.2.</b> Проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в выбранной области химии</p>	<p><b>Знает:</b> методы расчетно-теоретических исследования по заданной теме в области неорганической химии.  <b>Умеет:</b> проводит расчетно-теоретические исследования по заданной теме в области неорганической химии.  <b>Владеет:</b> навыками качественного проведения расчетно-теоретических исследований по заданной теме в области неорганической химии.</p>	<p>Проведение лабораторных работ.</p>
	<p><b>ПК-3.3.</b> Управляет высокотехнологичным химическим оборудованием</p>	<p><b>Знает:</b> технические характеристики высокотехнологического химического оборудования.  <b>Умеет:</b> управлять высокотехнологичным химическим оборудованием.  <b>Владеет:</b> навыками управления и обслуживания высокотехнологичного химического оборудования.</p>	<p>Письменный опрос, устный опрос, тестирование</p>
	<p><b>ПК-3.4.</b> Проводит испытания новых образцов продукции</p>	<p><b>Знает:</b> методы проведения анализа новых образцов продукции.  <b>Умеет:</b> проводить анализ новых образцов продукции.  <b>Владеет:</b> навыками анализа образцов новых реальных объектов.</p>	<p>Проведение лабораторных работ.</p>
	<p><b>ПК-3.5.</b> Разрабатывает новые методики контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции</p>	<p><b>Знает:</b> методологию разработки новых методик контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции.  <b>Умеет:</b> проверять правильность новых методик контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции.  <b>Владеет:</b> навыками разработки новых методик контроля сырья, прекурсоров и готовой продукции и проверки их правильности.</p>	<p>прием лабораторных работ, оформление лабораторного журнала</p>
<p><b>ПК-4.</b> Способен обрабатывать и интерпретировать результаты проведенных работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках с использованием различных методов и подходов.</p>	<p><b>ПК-4.1.</b> Обрабатывает полученные данные с использованием современных методов анализа информации.</p>	<p><b>Знает:</b> современные методы анализа информации.  <b>Умеет:</b> применять современные методы анализа информации для обработки полученных данных. <b>Владеет:</b> навыками обработки полученных результатов анализа реальных объектов с использованием современных методов анализа информации.</p>	<p>Письменный опрос, устный опрос, тестирование</p>
	<p><b>ПК-4.2.</b> Грамотно интерпретирует результаты исследований в выбранной области химии.</p>	<p><b>Знает:</b> методы интерпретации результатов исследований в области неорганической химии.  <b>Умеет:</b> грамотно интерпретировать результаты исследований в области неорганической химии.  <b>Владеет:</b> навыками интерпретации и наглядного представления результатов исследований в области неорганической химии.</p>	<p>Проведение лабораторных работ.</p>
	<p><b>ПК-4.3.</b> Анализирует</p>	<p><b>Знает:</b> стандарты и технологические</p>	<p>прием</p>

	результаты испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции; оценивает степень их соответствия нормативным документам (стандартам и технологическим регламентам).	регламенты сырья, прекурсоров, готовой продукции. <b>Умеет:</b> анализировать результаты испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции. <b>Владеет:</b> навыками статистической обработки результатов испытаний сырья, прекурсоров, готовой продукции; оценки степени их соответствия стандартам и технологическим регламентам.	лабораторных работ, оформление лабораторного журнала
<b>ПК-5.</b> Способен проводить критический анализ полученных результатов и оценивать перспективы продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	<b>ПК-5.1.</b> Критически анализирует полученные результаты исследований в выбранной области химии, выявляет достоинства и недостатки	<b>Знает:</b> методы критического анализа полученных результатов исследований в области аналитической химии, способы выявления достоинств и недостатков. <b>Умеет:</b> критически анализировать полученные результаты анализа реальных объектов и научных исследований в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками критического анализа полученных результатов анализа реальных объектов и научных исследований в области неорганической химии	Письменный опрос, устный опрос, тестирование
	<b>ПК-5.2.</b> Готовит отдельные разделы отчетов по результатам НИР и НИОКР в выбранной области химии	<b>Знает:</b> методологию подготовки отчетов по результатам НИР и НИОКР в выбранной области химии. <b>Умеет:</b> готовить отдельные разделы отчетов по результатам НИР и НИОКР в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками подготовки отдельных разделов отчетов по результатам НИР и НИОКР в области неорганической химии.	Проведение лабораторных работ.
	<b>ПК-5.3.</b> Формулирует рекомендации по продолжению исследования в выбранной области химии.	<b>Знает:</b> способы подготовки рекомендаций по продолжению исследования в области неорганической химии. <b>Умеет:</b> формулировать рекомендации по продолжению исследования в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками формулировки рекомендаций по продолжению исследования в области неорганической химии	Письменный опрос, устный опрос, тестирование
	<b>ПК-5.4.</b> Анализирует полученные результаты и формулирует предложения по оптимизации отдельных стадий технологического процесса	<b>Знает:</b> методы анализа полученных результатов и оптимизации отдельных стадий технологического процесса. <b>Умеет:</b> анализировать полученные результаты и формулировать предложения по оптимизации отдельных стадий технологического процесса. <b>Владеет:</b> навыками анализа полученных результатов и разработки предложений по оптимизации отдельных стадий технологического процесса.	Проведение лабораторных работ.
	<b>ПК-5.5.</b> Разрабатывает техническую документацию и регламенты	<b>Знает:</b> виды технической документации и регламентов в области неорганической химии. <b>Умеет:</b> разрабатывать техническую документацию и регламенты в области неорганической химии. <b>Владеет:</b> навыками и практическим опытом разработки технической документации и регламентов в области неорганической химии.	прием лабораторных работ, оформление лабораторного журнала

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Теория строения координационных соединений								
1.	Введение. Теория строения координационных соединений. Метод валентных схем (ВС).	9	2		6			Устный опрос
2.	Теория кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-орбиталей в полях различной симметрии.	9	2		8		1	Письменный опрос
3	Метод молекулярных орбиталей (теория поля лигандов, ТПЛ)	9	4		10		1	Контрольная работа
	<i>Итого по модуль 1:</i>		<b>8</b>		<b>26</b>		<b>2</b>	Коллоквиум
Модуль 2. Электронные и колебательные спектры координационных соединений								
4	Электронные спектры поглощения, теоретические основы. Отнесение и характеристики полос поглощения	9	4		8			Устный опрос
5	Спектрофотометрия. Методы определения основных характеристик комплексных соединений	9	2		8		1	Письменный опрос
6	Колебательные спектры. Теоретические основы. Характеристические частоты и группировки. Интерпретация ИК – спектров	9	4		8		1	Контрольная работа
	<i>Итого по модуль 2</i>		<b>10</b>		<b>24</b>		<b>2</b>	Коллоквиум
	<b>Всего за семестр</b>		<b>18</b>		<b>50</b>		<b>4</b>	<b>зачет</b>

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

**Модуль I. Теория строения координационных соединений**

1. Электронная структура атомов переходных металлов. Теория строения координационных соединений. Метод валентных схем (ВС). Основные положения. Высоко- и низкоспиновые, внутри- и внешнеорбитальные комплексы. Возможности и ограничения метода.



2. Теория кристаллического поля (ТКП). Основные положения. Расщепление d - орбиталей в полях различной симметрии. Энергия расщепления и спаривания. Энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд. Эффект Яна-Теллера. Возможности и ограничения метода.

3. Теория поля лигандов (ТПЛ). Основные положения. Качественные аспекты ТПЛ. Нефелоауксетический ряд. Построение групповых орбиталей. Схема молекулярных орбиталей для соединений типа  $ML_6$ .

**Модуль II. Электронные и колебательные спектры координационных соединений**

4. Электронные спектры поглощения, основные понятия, теоретические основы. Типы электронных переходов, отнесение и характеристики полос поглощения. Электронные переходы в координационных соединениях переходных металлов, d-d переходы. Диаграммы Орделла и Танабе-Сугано.

5. Спектрофотометрия. Методы определения состава, констант устойчивости, молярных коэффициентов поглощения.

6. Колебательные спектры. Теоретические основы. Проявление колебательных переходов в ИК – спектрах. Интенсивность колебательных переходов. Характеристические частоты и группировки. Общие рекомендации по интерпретации ИК – спектров координационных комплексов.

**4.3.2. Лабораторно-практические занятия**

№ п/п	Раздел дисциплины	Результаты занятия
<b>Модуль I. Теория строения координационных соединений</b>		
1.	Электронная структура атомов переходных металлов. Теория строения координационных соединений. Метод валентных схем (ВС). Практическое занятие. Особенности описания координационных соединений методом ВС	Обсуждение вопросов: Основные положения ВС. Высоко- и низкоспиновые, внутри- и внешнеорбитальные комплексы. Возможности и ограничения метода.
2.	Теория кристаллического поля (ТКП). Основные положения. Спектро-химический ряд. Эффект Яна-Теллера. Возможности и ограничения метода. Практическое занятие. Особенности описания координационных соединений методом ВС	Рассмотрение вопросов: Расщепление d-орбиталей в полях различной симметрии. Энергия расщепления и спаривания. Энергия стабилизации кристаллическим полем. Возможности и ограничения метода.
3.	Теория поля лигандов (ТПЛ). Качественные аспекты ТПЛ. Построение групповых орбиталей. Схема молекулярных орбиталей для соединений типа $ML_6$ . Практическое занятие. Описание соединений типа $ML_6$ методом молекулярных орбиталей	Рассмотрение вопросов: Качественные аспекты ТПЛ. Нефело-ауксетический ряд. Построение групповых орбиталей. Схема молекулярных орбиталей для соединений типа $ML_6$
<b>Модуль II. Теория строения комплексных соединений</b>		
4.	Электронные спектры поглощения. Типы электронных переходов, d-d переходы. Лабораторная работа. Интерпретация электронных спектров поглощения комплексных соединений с помощью диаграмм Орделла и Танабе-Сугано.	Интерпретация электронных спектров поглощения координационных соединений переходных металлов (на конкретной примере)
5.	Спектрофотометрия. Лабораторная работа.	Определение состава, констант

	Спектрофотометрическое исследование комплексообразования железа (III) с лимонной кислотой.	устойчивости, молярных коэффициентов поглощения
6.	Колебательные спектры. Характеристические частоты и группировки. Практическое занятие. Общие рекомендации по интерпретации ИК – спектров	Регистрация и расшифровка ИК-спектров синтезированного конкретного комплекса биометалла с аминокислотой

## 5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование при проведении занятий по общей и неорганической химии инновационных (объяснительно-иллюстративное обучение, предметно-ориентированное обучение, профессионально-ориентированное обучение, проектная методология обучения, организация самостоятельного обучения, интерактивные методы обучения) и традиционных (лекция-визуализация, лекция-презентация, компьютерные симуляции, лабораторная работа, самостоятельная работа) технологий обучения. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах составляет не менее 30 % аудиторных занятий

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

1. Теоретическая подготовка. Проработка учебного материала.
2. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
3. Решение задач.
4. Подготовка к коллоквиуму.
5. Подготовка зачету

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методическое обеспечение
1	Теоретическая подготовка. Проработка учебного материала.	Устный опрос, тестирование	Лекции, рекомендованная литература, интернет ресурсы. См. разделы 4.3, 8-10 данного документа
2	Подготовка к отчетам по лабораторным работам	Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе	См. разделы 8-10 данного документа
3	Решение задач	Проверка задач, заданных на дом, Решение у доски.	См. разделы 8-10 данного документа
5	Подготовка к коллоквиуму	Промежуточная аттестация в форме контрольной работы	См. разделы 4.3, 7; 8-10 данного документа
6	Подготовка к зачету	Устный опрос	См. разделы 7; 8-10 данного документа

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Текущий контроль: решение задач.
3. Промежуточная аттестация в форме коллоквиума.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся задачи, уравнения.

*Итоговый контроль* проводится в форме зачета.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

### *7.1. Типовые контрольные задания*

*Примерные контрольные задания для проведения текущего контроля.*

#### Модуль 1

1. Предмет и метод молекулярной спектроскопии. Взаимодействие излучения с веществом.
2. Электронные, колебательные, вращательные, спиновые и ядерные переходы. Физический смысл параметров спектров поглощения.
3. Электронная спектроскопия. Спектры поглощения. Условия возникновения спектра. Правила отбора. Классификация электронных переходов.
4. Теория кристаллического поля. Электронные спектры комплексов d-элементов.
5. Диаграммы Оргела, Танабе-Сугано. Слабые и сильные поля. Спектрохимический ряд.
6. Теория поля лигандов. Полосы переноса заряда.
7. Применение электронных спектров поглощения в качественном, структурном и количественном анализе, исследовании процесса комплексообразования.

#### Модуль 2

1. Колебательная спектроскопия. Условия появления колебательных (ИК и КР) спектров. Симметрия нормальных колебаний и правила отбора.
2. Классификация колебательных полос. Характеристичность колебаний и структурно-групповой анализ.
3. Колебательные спектры неорганических молекул и ионов, координационных соединений.
4. Электронный парамагнитный резонанс. Представление спектра ЭПР
5. Физический смысл параметров спектра ЭПР. Положение, интенсивность, ширина и форма линий. Анизотропия g-фактора.
6. Спектры ЭПР радикалов с одним неспаренным электроном, катионов переходных металлов, комплексов с различными конфигурациями центрального атома.
7. Применение ЭПР в координационной химии.

#### *Контрольные вопросы*

1. Предмет и метод молекулярной спектроскопии. Сущность взаимодействия излучения с веществом.
2. Природа электромагнитного излучения, различные типы его взаимодействия с веществом. Электронные, колебательные, вращательные, спиновые и ядерные переходы.
3. Физический смысл параметров спектров поглощения.
4. Спектры поглощения. Условия возникновения спектра. Правила отбора. Классификация электронных переходов.
5. Многоэлектронные атомы (ионы). Атомные термы.
6. Теория кристаллического поля. Закономерности расщепления АО в кристаллических полях разной симметрии и силы.
7. Электронные спектры комплексов d-элементов. Диаграммы Оргела, Танабе-Сугано. Слабые и сильные поля.
8. Спектрохимический ряд. Теория поля лигандов.
9. Полосы переноса заряда.
10. Применение электронных спектров поглощения для исследования координационных соединений.
11. Колебания многоатомных молекул. Условия появления инфракрасных (ИК) спектров и спектров комбинационного рассеяния (КР).
12. Симметрия нормальных колебаний и правила отбора. Классификация колебательных полос.

13. Характеристичность колебаний и структурно-групповой анализ.
14. Особенности колебательных спектров неорганических молекул и ионов, координационных соединений.
15. Физические основы метода ЭПР. Условия возникновения резонанса. Правила отбора. Релаксация.
16. Представление спектра ЭПР, физический смысл параметров спектра ЭПР. Положение, интенсивность, ширина и форма линий. Анизотропия g-фактора.
17. Спектры ЭПР радикалов с одним неспаренным электроном.
18. Спектры ЭПР катионов переходных металлов.
19. Комплексы с различными конфигурациями центрального атома. Тонкая структура спектров ЭПР.
20. Применение ЭПР в координационной химии.
21. Физические основы явления ядерного магнитного резонанса.
22. Условие ядерного магнитного резонанса. Заселенность уровней энергии, насыщение, релаксационные процессы и ширина сигнала.
23. Характеристика атомов по ядерным спинам. Взаимодействие ядерного спина с внешним магнитным полем. ЯМР различных ядер.
24. Химический сдвиг. Шкалы химических сдвигов. Внутримолекулярные факторы, влияющие на химический сдвиг.
25. Спин-спиновое взаимодействие (ССВ): число компонентов, константы ССВ, относительная интенсивность компонентов мультиплета. Двойной резонанс.
26. Идентификация веществ по спектрам ЯМР, определение структуры, изучение механизмов и кинетики реакций.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий – 10 баллов,
- выполнение домашнего задания и допуск к лабораторным работам – 25 баллов,
- выполнение и сдача лабораторных работ – 25 баллов,
- письменные контрольные работы – 20 баллов,
- тестирование – 20 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

Коллоквиум – 100 баллов

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины:**

а) основная

1. Киселев, Юрий Михайлович. Химия координационных соединений: учеб. пособие для вузов / Киселев, Юрий Михайлович, Н. А. Добрынина. - М.: Академия, 2007. - 344 с. - Допущено УМО. - ISBN 978-5-7695-3050-0: 385-00
2. Неёлова О.В. Химия координационных соединений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Неёлова О.В., Кубалова Л.М.- Электрон. текстовые данные.- Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2017. - 75 с.- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73347.html>. - ЭБС «IPRbooks»
3. Кукушкин Ю.А. Химия координационных соединений. – М.: Высшая школа, 1985
4. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений, М.: Высшая школа, 1990, С.433

б) дополнительная

5. Вилков, Л.В. Физические методы исследования в химии: Структурные методы и оптическая спектроскопия: [учеб. для хим. спец. вузов] / Вилков, Лев Васильевич, Ю. А. Пентин. - М. : Высш. шк., 1987. - 366,[1] с. : ил. ; 23 см. - Библиогр.: с. 356-358. - Предм. указ.: с. 359-364. - 1-20.

6. Берсукер И.Б. Электронное строение и свойства координационных соединений. – Л.: Химия, 1986.

7. Ливер Э. Электронная спектроскопия неорганических соединений. В 2-х частях. – М.: Мир, 1987

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

### **Электронные учебные ресурсы:**

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]: электронная библиотека / Науч. электрон.б-ка. – Москва, 1999. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>. – Яз. рус., англ.

2. Электронный каталог НБ ДГУ [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о всех видах лит, поступающих в фонд НБ ДГУ/Дагестанский гос. ун-т. – Махачкала, 2010 – Режим доступа: <http://elib.dgu.ru>, свободный

3. Moodle [Электронный ресурс]: система виртуального обучением: [база данных] / Даг. гос. ун-т. – Махачкала, г. – Доступ из сети ДГУ или, после регистрации из сети ун-та, из любой точки, имеющей доступ в интернет. – URL: <http://moodle.dgu.ru/>.

4. <https://ibooks.ru/>

5. [www.book.ru/](http://www.book.ru/)

6. Химические серверы ChemWeb, ChemExpress Online, ChemNet.com  
<http://www.Himhelp.ru>

7. Каталог образовательных интернет-ресурсов <http://www.edu.ru/>

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению программы**

На лекциях систематически и последовательно излагается материал теоретического характера. Основное внимание при этом уделяется рассмотрению основных (опорных) понятий и теоретических основ молекулярной спектроскопии. При подготовке к лекции целесообразно прочитать материал лекции по любому из рекомендованных в списке литературы учебников. Это существенно помогает продуктивно воспринимать материал лекции и хорошо его законспектировать. После лекции студентам рекомендуется внимательно проработать написанный конспект лекции, непонятые места попытаться уяснить с помощью учебников. Если обучающиеся не могут самостоятельно найти ответы на возникшие вопросы, можно обратиться к лектору или преподавателю на практических занятиях.

Лабораторные занятия. Перед началом лабораторных занятий, студент должен самостоятельно изучить методику выполнения и получить допуск у преподавателя. В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет лабораторные задания, позволяющие закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

Самостоятельная работа студентов способствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формированию навыков исследовательской работы и ориентированию студентов на умение применять теоретические знания на практике. Поэтому только постоянная, систематическая самостоятельная работа обучающихся будет способствовать нормальному усвоению знаний. Формы и виды самостоятельной работы студентов, а

также формы их контроля представлены в разделе 6. Результаты самостоятельной работы студентов учитываются при аттестации студента (при сдаче зачета).

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При проведении занятий используются:

а) технические средства:

компьютерная техника и средства связи (проектор, экран, видеокамера), проводится компьютерное тестирование, демонстрация мультимедийных материалов, информационные справочные системы, электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных учебной рабочей программой.

б) программные системы:

операционные системы Microsoft Windows XP, Microsoft Vista;

поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo;

специализированное программное обеспечение СДО Moodle, SunRAV BookOffice Pro, SunRAV TestOfficePro;

программное обеспечение по химии. Пакет офисных приложений OfficeStd 2016 RUS OLP NL Acdmc, Контракт №219-ОА от 19.12.2016 г. с ООО «Фирма АС»..

Acrobat Professional 9 Academic Edition и Acrobat Professional 9 DVD Set Russian Windows ГК №26-ОА от «07» декабря 2009 г

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО кафедра имеет специально оборудованные учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий, помещения для лабораторных работ на группу студентов из 12 человек и вспомогательное помещение для хранения химических реактивов и профилактического обслуживания учебного и учебно-научного оборудования.

Помещения для лекционных и практических занятий укомплектованы комплектами электропитания ЩЭ (220 В, 2 кВт, в комплекте с УЗО), специализированной мебелью и оргсредствами (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, стойка-кафедра, стол лектора, стул-кресло, столы аудиторные двухместные (1 на каждого студента), стул аудиторный (1 на каждого студента), а также техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов, нормативных и технических документов и т.п.). Помещения лабораторных практикумов укомплектованы специальной учебно-лабораторной мебелью (в том числе столами с химически стойкими покрытиями), учебно-научным лабораторным оборудованием, измерительными приборами и химической посудой, в полной мере обеспечивающими выполнение требований программы по неорганической химии. Материально-технические средства для проведения лабораторного практикума по дисциплине неорганическая химия включает в себя: специальное оборудование (комплект электропитания ЩЭ, водоснабжение), лабораторное оборудование (лабораторные весы типа ВЛЭ 250 и ВЛЭ 1100, кондуктометр, термометры, рН-метры, печи трубчатая и муфельная, сушильный шкаф, устройство для сушки посуды, дистиллятор, очки защитные, колбонагреватели, штативы лабораторные, штативы для пробирок), Лабораторная посуда (Стаканы (100, 250 и 500 мл), колбы конические (100 мл), колбы круглодонные (250 мл) колбы плоскодонные (100, 250 и 500 мл), колбы Вюрца (250 и 100 мл), цилиндры мерные (100, 25 и 50 мл),

воронки капельные, химические, воронки для хлора, воронки Мюнке, промывалки, U-образные трубки, реакционные трубки, фарфоровые чашки, тигли фарфоровые, холодильники прямой, обратный, воронки лабораторные, дефлегматоры), специальная мебель и оргсредства (доска аудиторная для написания мелом и фломастером, мультимедиа проектор (переносной) с ноутбуком, экран, стол преподавателя, стул-кресло преподавателя, столы лабораторные прямоугольного профиля с твердым химическим и термически стойким покрытием, табуреты, вытяжные шкафы лабораторные, мойка).

При проведении занятий используется учебное и лабораторное оборудование: Атомно-абсорбционный спектрометр, Contr AA-700, AnalytikJena, Германия; Спектрофотометр UV-3600 с интегрирующей сферой LISR-3100, UV-3600, Япония; Многоцелевой экспериментальный масс-спектрометрический комплекс ЭМК, Россия; Рентген-флуоресцентный спектрометр EDX-800 HS, Япония; ИК-Фурье спектрометр ИнфраЛЮМ ФТ-02, Россия; Спектрофлуориметр F-700, Япония; Спектрофотометр, SPECORD 210 PlusBU, AnalytikJena, Германия; Спектрометрический комплекс МДР-41 в комплекте с азотным проточным криостатом OptCryo198, Россия; Микроволновая система минерализации проб под давлением, TOPwaveIV, AnalytikJena, Германия; Система капиллярного электрофореза, Капель-105М, ЛЮМЕКС, Санкт-Петербург; Рентгеновский дифрактометр, EmpyreanSeries 2 Фирма Panalytical (Голландия); Дифференциальный сканирующий калориметр, NETZSCH STA 409 PC/PG, Германия; Лабораторная экстракционная система, SFE1000M1-2-FMC-50, Waters, США; Хромато-масс-спектрометр, 7820 Маэстро, США, Россия; Высокоэффективный жидкостной хроматограф, Agilent 1220 Infinity, США.