

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий  
Кафедра общей, неорганической химии и информационно-вычислительных  
технологий в химии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
и инновациям



М.В. Шарафан

« 30 » 05 2025 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.3.3. КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Научная специальность: 1.4.1. Неорганическая химия

Форма обучения очная


Рабочая программа дисциплины **2.3.3. Кандидатский экзамен по специальной дисциплине «Неорганическая химия»** составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Рабочая программа дисциплины составлена:


д.х.н., профессор Буков Н.Н. 

к.х.н., доцент Волынкин В.А. 

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры общей, неорганической химии и ИВТ в химии 22.04.2025 г., протокол № 7.

Зав. кафедрой к.х.н., доцент Волынкин В.А. 

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий 24.04.2025 г., протокол № 7.

Председатель УМК факультета доцент Беспалов А.В. 

## 1. Цель изучения дисциплины

Обеспечение профессиональной подготовки аспирантов в области неорганической химии.

## 2. Задачи дисциплины:

Формирование готовности

– формулировать общие, специфические и частные задачи в области неорганической химии;

– осуществлять отбор и реализацию содержания учебного материала в области неорганической химии в соответствии с целями и задачами подготовки специалистов по специальности «Неорганическая химия»;

– выбирать оптимальный для выполнения конкретной научной или научно-технической задачи метод исследования;

– представлять результаты научных исследований в области неорганической химии в научно-популярном виде и транслировать их посредством средств массовой информации.

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Специальная дисциплина "Неорганическая химия" относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» программы аспирантуры.

## 4. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся специальных компетенций (СК)

№ п.п.	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
1.	<b>СК-1</b> Способность к применению в ходе собственных научных исследований методологических основ, понятийно-категориального и терминологического аппарата неорганической химии.	1. Проводит научные исследования в области химии с применением методологии, понятийно-категориального и терминологического аппарата неорганической химии. 2. Учитывает в исследованиях особенности современных тенденций неорганической химии.
2	<b>СК-2</b> Способность применять перспективные методы исследования закономерностей и особенностей функционирования неорганической химии в условиях неопределенности и риска	3. Формулирует положения научной новизны диссертации с применением системного подхода к описанию обосновываемых предложений в рамках совокупности научных характеристик предлагаемых решений. 4. Выявляет, анализирует и предлагает пути решения проблем неопределенности и риска в контексте исследований структурных элементов координационной химии.
3	<b>СК-3</b> Способность использовать результаты современных	5. Использует результаты научных исследований для решения проблем координационной химии.

№ п.п.	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	исследований для целей решения проблем координационной химии.	6. Применяет результаты современных исследований структуры и свойств координационных соединений.
4	<b>СК-4</b> Способность использовать результаты современных исследований в области координационной химии для совершенствования физико-химических методов анализа.	7. Использует результаты современных исследований для совершенствования физико-химических методов анализа. 8. Демонстрирует знание особенностей методов в координационной химии.

### 5. Структура дисциплины по очной форме обучения.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5зач.ед. (180 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице:

Вид учебной работы	Всего (часов)	Семестры (часы)		
		3		
<b>Контактная работа, в том числе:</b>				
<b>аудиторная по видам учебных занятий (всего)</b>	<b>72</b>	<b>72</b>		
<b>в том числе:</b>				
– лекции	36	36	-	
– практические	36	36	-	
– лабораторные			-	
<b>Иная контактная работа:</b>				
Промежуточная аттестация				
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>108</b>	<b>108</b>		
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	34	34	-	
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	56	56	-	
<i>Реферат</i>	10	10	-	
<i>Подготовка к текущему контролю</i>	8	8	-	
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>-</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	

## 6. Содержание дисциплины по очной форме обучения

По итогам изучаемой дисциплины аспиранты (обучающиеся) сдают кандидатский экзамен (зачет с оценкой).

Дисциплина изучается на 2 курсе, в 3 семестре по учебному плану очной формы обучения.

№ п/п	Тема.  Основные вопросы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов трудоемкость (в часах)			
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа

1	Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома. Химическая связь и строение молекул	3	4	6	-	14
2	Комплексные (координационные) соединения	3	6	6	-	12
3	Общие закономерности протекания химических реакций	3	4	2	-	10
4	Растворы и электролиты	3	2	2	-	10
5	Основы и методы неорганического синтеза	3	4	4	-	12
6	Химия s- и p-элементов	3	2	2	-	10
7	Химия d-элементов	3	4	4	-	14
8	Химия f-элементов	3	4	4	-	14
9	Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии	3	6	6	-	12
10	Контроль		-	-	-	-

	Итого Лекционных Часов	Итого Практических Занятий	Итого лабораторные занятия	Итого самостоятельной работы
	36	36		108

## **7. Образовательные технологии**

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы: активные и интерактивные формы проведения занятий - деловые и ролевые игры, разбор практических задач и кейсов, компьютерные симуляции, психологические и иные тренинги.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная учебная литература**

1. Неорганическая химия: в 3 т.: учебник для студентов вузов / под ред. Ю.Д. Третьякова. - М. : Академия, 2004.
2. Хаханина Т.И. Неорганическая химия. М., Юрайт, 2010, 288с.
3. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. - М.: Высшая школа, 2004. - 527 с.
4. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. - М.: Высшая школа, 2003. - 743 с.
5. Киселев Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений. М.: "Академия", 2007. - 352 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах *«Лань»* и *«Юрайт»*.

### **Дополнительная учебная литература**

1. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 2001.
2. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир. 1-3 тт., 1969
3. Некрасов Б.В. Основы общей химии. М.:Химия. 1-3 тт.
4. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., ЦивадзеА.Ю. Неорганическая химия. Химия элементов: В 2 кн. - М.: Химия, 2001. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. М., 2003.
5. Спицын В.И., Мартыненко Л.И. Неорганическая химия: М.: Изд-во МГУ, 1991.
6. Драго А. Физические методы в химии. Т. 1, 2. М.: Мир, 1981.

7. Гиллеспи Р, Харгиттаи И. Модель отталкивания электронных пар валентной оболочки и строение молекул. М.: Мир, 1992.
8. Джонсон Д. Термодинамические аспекты неорганической химии. М.: Мир, 1985.
9. Костромина Н.А., Кумок В.Н., Скорик Н.А. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 1990.
10. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. М.: Высш. шк., 2001.
11. Уэллс А. Структурная неорганическая химия. Т. 1–3. М.: Мир, 1987.
12. Дей К., Селбин Д. Теоретическая неорганическая химия. М.: Химия.
13. Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. М.: Высшая школа.

### **Перечень ресурсов сети «Интернет»**

1. Сайты справочных правовых систем: [www.garant.ru](http://www.garant.ru); [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)
2. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)
4. Российское образование, федеральный портал [Официальный сайт] — URL: <http://www.edu.ru>
5. Интернет сайты ведущих государственных ВУЗов и научных организаций РФ: МГУ, СПбГУ, РХТУ, НГУ, КубГУ, РАН РФ и др.
6. Зарубежные ведущие научные и учебные центры: NBS USA, MTI UK, ChLabJapan, NSRDS и др.
7. Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink.
8. Химический редактор ChemSketch: <http://www.acdlabs.com>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При освоении дисциплины следует пользоваться «Методическими указаниями для организации самостоятельной работы студента», размещенными на сайте факультета (<https://kubsu.ru/ru/fhivt/organizaciya-samostoyatelnoy-raboty-studentov>).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине позволяют:

- обеспечить взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействие посредством сети "Интернет";

- фиксировать ход образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации по дисциплине и результатов освоения образовательной программы;

- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;

- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования.

#### **Перечень программного обеспечения**

1. – Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).

2. Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).

#### **Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)

2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

и т.д.

#### **11. Материально-техническое оснащение.**

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
1	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением (ПО).	422 С
2	Специальное помещение, оснащенное доской, презентационной техникой проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением (ПО).	136, 126С
3	Кабинет для выполнения диссертационных работ укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения	136
4	Лаборатория спектроскопии координационных соединений, в которой находятся ИК-Фурье спектрометр VERTEX-70, спектрофотометр UV-VISITACHIU-3900, КР-спектрометр SPEXRAMALOG, длинноволновый ИК-фурье спектрометр ЛАФС-1000, компьютеры, анализатор жидкости Флюорат панорама -02.	134 С
5	Лаборатория синтеза координационных соединений, в которой находятся: установка для осаждения тонких пленок CCRCopraCubeISSA, сушильный шкаф СШУ, дозаторы автоматические, плитка электрическая, мешалка магнитная, весы аналитические ShinkoHTR-	136 С

	220СЕ.	
6	Лаборатория физических методов исследования, в которой находятся: ЭПР-спектрометр, ИК-спектрометр IR-70, плитки электрические, компьютеры, мешалка магнитная, весы аналитические ВЛР-200.	136
7	Лаборатория электрохимического синтеза, укомплектованная таким оборудованием как: программатор импульсного тока ВК1760А, вакуумный сушильный шкаф шсв-65/3.5.	424С
8	Лаборатория неорганического синтеза, в которой находятся: весы аналитические AdventurerOhaus, мешалка магнитная с подогревом ММ-5, плитки электрические, холодильник Candy.	422С
9	Лаборатория химии координационных соединений, в которой находятся: Источник тока, сушильный шкаф, рН метр-иономер «Мультитест 111-1», станция рабочая, потенциостатPCFRA, мешалка магнитная LekiMS1.	426С
10	Лаборатория бионеорганической химии, в которой находятся: рабочая станция, источник тока СТ-562-М, спектрофотометр Leki SS 2110 UV, мешалка магнитная, дозатор капельный.	428С
11	Лаборатория защитных покрытий, имеющая в оснащении: Прибор для определения прочности плёнок, «Константа У-1А», рабочая станция, сушильный шкаф ШС-80-01 СПУ, муфельный шкаф SNOL, весы теххимические AcomJW1, адгезиметрPosi-testAT-A, алмазный станок для резки высокопрочных композитных материалов.	443С
12	Лаборатория химической технологии и материаловедения, содержащая: Спектрофотометр LekiSS 2107, Весы электронные LekiB 5002, рН метр, «Эксперт-001-1», мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110, муфельная печь ЛОТР, встряхивательКАС-MAGHS7, твердомер ТК-2М, центрифуга лабораторная ЦЕН-16, микроскоп металлографический Альтами.	435С
13	Лаборатория композитных материалов, содержащая: АбразиметрTaberAbraser, мешалка с подогревом, плитки электрические, весы аналитические ВЛР-200, мешалка магнитная, термостат водяной проточный.	433С

Также в КубГУ функционируют УНПК «Аналит» и Центр коллективного пользования «Диагностика структуры и свойств наноматериалов», в которых имеется уникальное высокотехнологичное современное оборудование, позволяющее выполнять научно-исследовательскую работу на высоком уровне: сканирующий электронный микроскоп с энергодисперсионной приставкой JSM 7500F, атомно-силовой сканирующий микроскоп JSPM 5400, ЭПР спектрометр JEOL FA-300, ЯМР спектрометр JNM ECA-400.

## 12. Оценочные средства по дисциплине

Для проведения промежуточной аттестации (представляется отдельным документом в формате приложения к РПД)

к рабочей программе аттестации по дисциплине Кандидатский экзамен по «Специальная дисциплина "Неорганическая химия»

Критерии оценки и требования к аспиранту:

- **знание и понимание теоретического материала** (определяет рассматриваемые понятия четко и полно, приводя соответствующие примеры; используемые понятия строго соответствуют теме);

- **анализ и оценка информации** (грамотно применяет категориальный анализ; умело использует приемы сравнения и обобщения для анализа взаимосвязи понятий и явлений; способен объяснить альтернативные взгляды на рассматриваемую проблему (если это уместно) и прийти к сбалансированному заключению; демонстрирует диапазон используемого информационного пространства);

- **построение суждений** (ясность и четкость изложения; логика структурирования доказательств; выдвинутые тезисы сопровождаются грамотной аргументацией; приводятся различные точки зрения (если это возможно)).

**«Оценка «5» (отлично)»** выставляется аспиранту, который демонстрирует всестороннее систематическое знание и высокий уровень подготовки. Аспирантом дан полный, правильный ответ по всем критериям оценивания.

**«Оценка «4» (хорошо)»** выставляется аспиранту, который дал правильный ответ, но при этом были допущены неточности или ошибки в определениях, имелись недостатки в аргументации, были допущены фактические и (или) терминологические неточности, которые не носят существенного характера.

**«Оценка «3» (удовлетворительно)»** выставляется аспиранту, которым были названы и определены лишь некоторые обоснования, признаки, элементы, основания, стадии и последствия. Допущены существенные терминологические и фактические ошибки. Собственная точка зрения не представлена, а также не представлен не полный анализ и оценка информации.

**«Оценка «2» (неудовлетворительно)»** выставляется аспиранту, который дал неправильный ответ с неправильной трактовкой темы. Экзаменационный лист сдан после истечения времени, отведенного на подготовку ответа. Аспирант при подготовке ответа пытался пользоваться или пользовался не предусмотренными на экзамене или зачете вспомогательными средствами (электронными, печатными и другими).

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения программы аспирантуры

## Вопросы к кандидатскому экзамену

### Тема 1. Периодический закон Д.И. Менделеева и строение атома. Химическая связь и строение молекул

1.1. Основные представления о строении атома. Волновая функция и уравнение Шредингера. Квантовые числа, радиальное и угловое распределение электронной плотности. Атомные орбитали (s-, p-, d- и f-АО), их энергии и граничные поверхности. Распределение электронов по АО. Принцип минимума энергии. Принцип Паули. Атомные термы, правило Хунда. Современная формулировка периодического закона, закон Мозли, структура периодической системы. Коротко- и длиннопериодный варианты периодической таблицы. Периоды и группы.

1.2. Закономерности изменения фундаментальных характеристик атомов: атомных и ионных радиусов, потенциала ионизации, энергии сродства к электрону и электроотрицательности.

1.3. Границы периодической системы. Перспективы открытия новых элементов.

1.4. Периодичности в изменении свойств простых веществ и основных химических соединений — оксидов, гидроксидов, гидридов, галогенидов, сульфидов, карбидов, нитридов и боридов.

1.5. Понятие о природе химической связи. Основные характеристики химической связи: длина, энергия, направленность, полярность, кратность. Основные типы химической связи.

1.6. Основные положения метода валентных связей (МВС). Гибридизация орбиталей. Направленность, насыщенность и поляризуемость ковалентной связи. Влияние неподеленных электронных пар на строение молекул, модель Гиллеспи.

1.7. Основные положения метода молекулярных орбиталей (ММО). Двухцентровые двухэлектронные молекулярные орбитали. Энергетические диаграммы МО гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Энергия ионизации, магнитные и оптические свойства молекул. Многоцентровые МО, гипервалентные и электронодефицитные молекулы. Принцип изоlobalного соответствия. Корреляционные диаграммы.

1.8. Ионная связь. Ионная модель строения кристаллов, образование ионных кристаллов как результат ненаправленности и ненасыщаемости ион-ионных взаимодействий. Ионный радиус. Основные типы кристаллических структур, константа Маделунга, энергия ионной решетки.

1.9. Межмолекулярное взаимодействие – ориентационное, индукционное и дисперсионное. Водородная связь, ее природа.

**1.10.** Введение в зонную теорию. Образование зон – валентной и проводимости из атомных и молекулярных орбиталей, запрещенная зона. Металлы и диэлектрики. Границы применимости зонной теории.

### Тема 2. Комплексные (координационные) соединения

2.1. Основные понятия координационной теории. Типы комплексных соединений по классификации лигандов, заряду координационной сферы, числу центральных атомов. Номенклатура комплексных соединений. Изомерия комплексных соединений.

2.2. Образование координационных соединений в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Теория мягких и жестких кислот и оснований Пирсона, уравнение Драго-Вейланда. Устойчивость комплексов в растворах и основные факторы, ее определяющие. Константы устойчивости комплексов. Лабильность и инертность. Энтропийный вклад в энергетическую устойчивость комплексов, сольватный эффект, хелатный эффект, правила циклов Л.А. Чугаева.

2.3. Природа химической связи в комплексных соединениях. Основные положения теории кристаллического поля (ТКП). Расщепление d-орбиталей в октаэдрическом и тетраэдрическом поле. Энергия расщепления, энергия спаривания и энергия стабилизации кристаллическим полем. Спектрохимический ряд лигандов. Понятие о теории Яна-Теллера, тетрагональное искажение октаэдрических комплексов.

2.4. Энергетическая диаграмма МО комплексных соединений. Построение групповых орбиталей и их взаимодействие с орбиталями центрального атома,  $\sigma$ - и  $\pi$ -донорные и акцепторные лиганды. Использование ТКП и ММО для объяснения оптических и магнитных свойств комплексных соединений. Диаграммы Танабэ-Сугано для многоэлектронных систем.

2.5. Карбонилы, металлокарбены, металлоцены, фуллериды. Комплексы с макроциклическими лигандами. Полиядерные комплексы. Изо- и гетерополисоединения. Кластеры на основе переходных и непереходных элементов. Кратные связи металл-металл, понятие о  $\delta$ -связи.

2.6. Механизмы реакций комплексных соединений. Реакции замещения, отщепления и присоединения лиганда, окислительно-восстановительные реакции. Взаимное влияние лигандов в координационной сфере. Транс-влияние И.И. Черняева, цис-эффект А.А. Гринберга. Внутрисферные реакции лигандов.

2.7. Применение комплексных соединений в химической технологии, катализе, медицине и экологии.

### **Тема 3. Общие закономерности протекания химических реакций**

3.1. Основные понятия и задачи химической термодинамики как науки о превращениях энергии при протекании химических реакций. Термодинамическая система, параметры и функции состояния системы. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и ее изменение при химических и фазовых превращениях. Энтальпия. Стандартное состояние и стандартные теплоты химических реакций. Теплота и энтальпия образования. Закон Гесса. Энергии химических связей. Теплоемкость, уравнение Кирхгофа.

3.2. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики. Энтропия и ее физический смысл, уравнение Больцмана. Стандартная энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния. Энергия Гиббса. Направление химических процессов, критерии самопроизвольного протекания реакций в изолированных и открытых системах. Химический потенциал. Условие химического равновесия, константа равновесия. Изотерма химической реакции. Фазовые равновесия, число степеней свободы, правило фаз Гиббса. Фазовые диаграммы одно- и двухкомпонентных систем.

3.3. Скорость химической реакции, ее зависимости от природы и концентрации реагентов, температуры. Порядок реакции. Константы скорости и ее зависимость от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации и понятие об активированном комплексе. Обратимые реакции. Закон действующих масс. Влияние катализатора на скорость реакции. Гомогенный и гетерогенный катализ. Понятие о цепных и колебательных реакциях.

#### **Тема 4. Растворы и электролиты**

4.1. Современные представления о природе растворов. Особенности жидких растворов. Порядок в жидкостях, структура воды и водных растворов. Специфика реакций в водных и неводных растворах.

4.2. Теория электролитической диссоциации. Ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Водородный показатель pH, шкала pH. Кислоты и основания. Протолитическая теория Бренстеда—Лоури. Сопряженные кислоты и основания. Гидролиз. Современные взгляды на природу кислот и оснований.

4.3. Сильные и слабые электролиты. Зависимость степени электролитической диссоциации от концентрации, температуры, природы растворителя, посторонних электролитов. Закон разбавления Оствальда. Основные понятия теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля.

4.4. Произведение растворимости. Динамическое равновесие в насыщенных растворах малорастворимых сильных электролитов и факторы, его смещающие.

4.5. Электрохимические свойства растворов. Сопряженные окислительно-восстановительные пары. Электродный потенциал. Окислительно-восстановительные реакции и их направление. Уравнение Нернста. Диаграммы Латимера и Фроста. Электролиз.

4.6. Коллигативные свойства растворов электролитов и неэлектролитов. Изотонический коэффициент. Закон Рауля. Криоскопия и эбулиоскопия, осмос.

#### **Тема 5. Основы и методы неорганического синтеза**

5.1. Прямой синтез соединений из простых веществ. Реакции в газовой фазе, водных и неводных растворах, расплавах. Метод химического осаждения из газовой фазы, использования надкритического состояния. Золь-гель метод. Гидротермальный синтез. Твердофазный синтез и его особенности; использование механохимической активации. Химические транспортные реакции для синтеза и очистки веществ. Фотохимические и электрохимические методы синтеза. Применение вакуума и высоких давлений в синтезе. Основные методы разделения и очистки веществ.

5.2. Методы выращивания монокристаллов и их классификация.

## Тема 6. Химия s- и p-элементов

6.1. Положение s-элементов в Периодической системе, особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления.

6.2. Водород. Особое положение водорода в Периодической системе. Изотопы водорода. Орто- и пара-водород. Методы получения водорода. Физико-химические свойства водорода. Гидриды и их классификация. Окислительно-восстановительные свойства водорода. Вода – строение молекулы и структура жидкого состояния. Структура льда, клатраты. Пероксид водорода, его получение, строение и окислительно-восстановительные свойства.

6.3. Элементы группы IA. Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Нерастворимые соли. Особенности химии лития. Применение щелочных металлов и их соединений.

6.4. Элементы группы IIA. Общая характеристика группы. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Особенности комплексообразования металлов. Особенности химии бериллия, магния и радия. Сходство химии бериллия и лития. Применение бериллия, щелочно-земельных металлов и их соединений.

6.5. Положение p-элементов в Периодической системе. Особенности электронной конфигурации. Характерные степени окисления. Металлы, неметаллы, металлоиды среди p-элементов. Закономерности в изменении свойств во 2 и 3 периодах.

6.6. Элементы группы IIIA. Общая характеристика группы. Особенности химии бора. Бороводороды, комплексные гидробораты, кластерные соединения бора, боразол, нитрид бора: особенности их строения и свойств.

6.7. Оксид алюминия. Алюминаты и гидроксоалюминаты. Галогениды алюминия. Комплексные соединения алюминия. Сплавы алюминия. Алюмотермия. Амфотерность оксидов галлия, индия и таллия. Особенности химии Tl(I). Применение бора, алюминия, галлия, индия и таллия и их соединений.

6.8. Элементы группы IVA. Общая характеристика группы. Особенности химии аллотропных модификаций углерода. Фуллерены и их производные. Нанотрубки. Карбиды металлов. Синильная кислота, цианиды, дициан. Роданостоводородная кислота и роданиды. Сероуглерод. Фреоны и их применение. Оксиды углерода. Карбонилы. Карбонаты.

6.9. Оксиды кремния, германия, олова и свинца. Кварц и его полиморфные модификации. Кремниевая кислота и силикаты. Галогениды. Кремнефтористоводородная кислота. Карбид кремния. Комплексные соединения олова и свинца. Применение простых веществ и соединений элементов группы IVA. Понятие о полупроводниках. Свинцовый аккумулятор.

6.10. Элементы группы VA. Общая характеристика группы. Закономерности образования и прочность простых и кратных связей в группе. Особенности химии азота. Проблема связывания молекулярного азота. Особенности аллотропных модификаций фосфора.

- 6.11. Гидриды элементов группы VA: получение, строение молекул, свойства. Соли аммония. Жидкий аммиак как растворитель. Гидразин, гидросиламин, азотистоводородная кислота. Галогениды элементов группы VA, получение и гидролиз.
- 6.12. Кислородные соединения азота. Особенности химии NO и NO<sub>2</sub>. Азотная, азотистая кислоты и их соли: получение, свойства и окислительно-восстановительная способность. Диаграмма Фроста для соединений азота.
- 6.13. Кислородные соединения фосфора: оксиды, кислоты и их соли. Сравнение свойств кислот фосфора в разных степенях окисления. Конденсированные фосфорные кислоты и полифосфаты. Оксиды мышьяка, сурьмы и висмута, кислородсодержащие кислоты мышьяка и сурьмы и их соли. Сравнение силы кислот в группе. Сульфиды и тиосоли.
- 6.14. Применение простых веществ и соединений элементов VA группы. Удобрения.
- 6.15. Элементы группы VIA. Общая характеристика группы. Особенности химии кислорода. Строение молекулы кислорода, объяснение ее парамагнетизма. Озон и озониды. Аллотропные модификации серы и их строение.
- 6.16. Классификация оксидов. Простые и сложные оксиды, нестехиометрия оксидов. Гидроксиды и кислоты. Пероксиды, супероксиды.
- 6.17. Сероводород и сульфиды. Полисульфиды. Сульфаны. Оксиды серы, кислоты и их соли. Политионовые кислоты и политионаты. Кислородные соединения селена и теллура. Сравнение силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот в группе.
- 6.18. Галогениды серы, селена и теллура.
- 6.19. Применение простых веществ и соединений элементов VIA группы.
- 6.20. Элементы группы VIIA. Общая характеристика группы.\* Особенности химии фтора и астата. Окислительные свойства галогенов. Взаимодействие галогенов с водой.
- 6.21. Галогеноводороды. Получение, свойства. Закономерность изменения свойств галогеноводородных кислот в группе. Классификация галогенидов. Межгалогенные соединения: строение и свойства.
- 6.22. Кислородные соединения галогенов. Особенности оксидов хлора. Кислородсодержащие кислоты галогенов и их соли. Сопоставление силы, устойчивости и окислительно-восстановительных свойств кислородных кислот галогенов, диаграмма Фроста для галогенов.
- 6.23. Применение галогенов и их соединений.
- 6.24. Элементы группы VIIIA. Общая характеристика группы. Соединения благородных газов и природа химической связи в них. Гидраты благородных газов. Фториды и кислородные соединения благородных газов. Применение благородных газов.

## Тема 7. Химия d-элементов

7.1. Положение d-элементов в Периодической системе. Электронное строение и основные степени окисления. Способность d-элементов к комплексообразованию. Закономерности изменения свойств d-металлов в 4, 5 и 6 периодах. Природа d-сжатия и ее следствия.

7.2. Элементы группы ШБ. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и фториды металлов ШБ группы – получение и свойства. Комплексные соединения. Сопоставление химии элементов ША и ШБ групп. Применение металлов и их соединений.

7.3. Элементы группы IVБ. Общая характеристика группы. Оксиды и гидроксиды титана и циркония. Титанаты и цирконаты. Соли титанила и цирконила. Галогениды. Способность к комплексообразованию. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Влияние лантаноидного сжатия на свойства гафния. Сопоставление металлов IVA и IVБ групп. Применение титана и циркония и их соединений.

7.4. Элементы группы VB. Общая характеристика группы. Оксиды и галогениды. Ванадаты, ниобаты и танталаты. Способность к комплексообразованию и образованию кластеров. Закономерности в стабильности различных степеней окисления. Диаграмма Фроста для соединений ванадия. Сопоставление свойств соединений ванадия(V) и фосфора (V). Применение ванадия, ниобия и тантала и их соединений.

7.5. Элементы группы VIБ. Общая характеристика группы. Оксиды, галогениды и сульфиды. Сравнение свойств хромовой, молибденовой и вольфрамовой кислот и их солей. Особенности комплексообразования. Кластеры. Бронзы. Поликислоты и их соли. Пероксиды. Окислительно-восстановительные свойства соединений хрома, закономерности в стабильности различных степеней окисления. Сопоставление химии элементов VIA и VIБ групп. Применение хрома, молибдена и вольфрама и их соединений.

7.6. Элементы группы VIIБ. Общая характеристика группы. Кислородные соединения марганца, их кислотно-основные и окислительно-восстановительные свойства, диаграмма Фроста для соединений марганца. Стабильность соединений марганца в различных степенях окисления. Особенности химии технеция и рения. Рениевая кислота и перренаты. Сопоставление химии элементов VIIA и VIIБ групп. Применение марганца и рения.

7.7. Элементы группы VIIIБ. Общая характеристика группы. Обоснование разделения элементов на семейства железа и платиновые металлы.

7.8. Семейство железа: получение и физико-химические свойства железа, кобальта и никеля. Оксиды и гидроксиды, галогениды и сульфиды Соединения железа, кобальта и никеля в высших степенях окисления. Комплексные соединения, особенности комплексов с  $d^6$ -конфигурацией центрального атома. Коррозия железа и борьба с ней. Применение железа, кобальта и никеля.

7.9. Платиновые металлы: основные классы комплексных соединений платиновых металлов. Оксиды и галогениды платиновых соединений. Применение платиновых металлов.

7.10. Элементы группы ІВ. Общая характеристика группы. Оксиды, гидроксиды и галогениды. Изменение в устойчивости степеней окисления элементов в группе. Комплексные соединения. Сопоставление элементов ІА и ІВ групп. Применение меди, серебра и золота.

7.11. Элементы группы ІВ. Общая характеристика группы. Особенности подгруппы цинка в качестве промежуточной между переходными и непереходными металлами. Оксиды, гидроксиды, галогениды и сульфиды. Амальгамы. Особенности соединений ртути в степени окисления +1. Способность к комплексообразованию и основные типы комплексов цинка, кадмия и ртути. Сопоставление элементов ІА и ІВ групп. Применение цинка, кадмия и ртути.

## **Тема 8. Химия f-элементов**

8.1. Общая характеристика f-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.

8.2. Семейство лантаноидов. Методы получения, разделения и физико-химические свойства металлов. Степени окисления элементов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений – получение и свойства. Комплексные соединения лантаноидов. Особенности химии церия и европия. Сопоставление d- и f-элементов ІІІ группы. Применение лантаноидов.

8.3. Семейство актиноидов. Обоснование актиноидной теории. Методы получения и физико-химические свойства актиноидов. Особенности разделения актиноидов. Степени окисления актиноидов и закономерности их изменения в ряду. Основные классы химических соединений актиноидов – получение и свойства. Комплексные соединения актиноидов. Особенности химии тория и урана. Сопоставление актиноидов с d-элементами 6-го периода. Применение актиноидов и их соединений. Перспективы синтеза трансактиноидов.

## **Тема 9. Общие представления о физических методах исследования в неорганической химии**

9.1. Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.

9.2. Спектральные методы исследования: электронные спектры в видимой и УФ-области. Колебательная спектроскопия – ИК- и комбинационного рассеяния. Спектроскопия ЭПР, ЯМР, ЯКР и  $\gamma$ -резонансные. EXAFS-спектроскопия. Спектроскопия циркулярного дихроизма.

9.3. Исследования электропроводности и магнитной восприимчивости. Исследования дипольных моментов. Импеданс-спектроскопия.

9.4. Оптическая и электронная микроскопия. Локальный рентгено-спектральный анализ.

9.5. Термогравиметрия и масс-спектрометрия.

9.6. Исследование поверхности методами рентгено- и фотоэлектронной спектроскопии, оже-спектроскопии и т.п.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Кубанский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

научная специальность 1.4.1. Неорганическая химия

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине «Неорганическая химия»

1. Дифракционные методы исследования: рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализы, нейтронография, электронография.

2. Общая характеристика f-элементов. Особенности строения электронных оболочек атомов. Лантанидное и актиноидное сжатие. Сходство и различие лантаноидов и актиноидов. Внутренняя периодичность в семействах лантаноидов и актиноидов.

Заведующий кафедрой

общей, неорганической химии

и информационно-вычислительных

технологий в химии

В.А. Волюнкин

Председатель УМК

А.В. Беспалов

#### Примерный перечень вопросов дополнительной программы:

1. Адгезия. Теории адгезии. Способы определения адгезии в полимерных композиционных материалах.
2. Классификация дисперсных наполнителей. Основные характеристики.
3. Механизм упрочнения композиционных материалов дисперсными наполнителями.
4. Влияние наполнителей на свойства полимерных композиционных материалах.
5. Разрушение и прочность композиционных материалов. Теория Гриффита.
6. Кремнезем. Структура поверхности кремнезема.
7. Типы силанольных групп на поверхности кремнезема и способы их определения.
8. Способы модификации поверхности наполнителей. Химический и физический способ.
9. Методы исследования модифицированных поверхностей. Химические методы исследования.
10. Методы исследования модифицированных поверхностей. Спектральные методы исследования.
11. Температура стеклования, кристаллизация и плавление полимерных материалов.

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы

Контроль освоения дисциплины «Специальная дисциплина "Неорганическая химия"» на этапах текущей промежуточной аттестации проводится в соответствии с действующим Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.