

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

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем



В.М. Иевлев  
23.05.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.05 Современная неорганическая химия**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

*04.04.02 – Химия, физика и механика материалов*

**2. Профиль подготовки/специализация:**

*Химия, физика и механика новых функциональных материалов и наноматериалов*

**3. Квалификация выпускника: *магистр***

**4. Форма обучения: *очная***

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: *материаловедения и индустрии наносистем***

**6. Составители программы: *Сладкопевцев Борис Владимирович, кандидат химических наук, доцент***

**7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол №4 от 25.04.2023

**8. Учебный год: 2023/2024**

**Семестр(ы): 2**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

рассмотрение вопросов и достижение углубленного понимания актуальных аспектов современной неорганической химии, без которых невозможен целенаправленный синтез новых материалов

*Задачи учебной дисциплины:*

Студенты должны знать:

– современные пути развития науки в целом и современные магистральные направления развития неорганической химии;

– закономерности изменения свойств элементов и их бинарных соединений при движении по различным направлениям (вертикали, горизонтали, диагонали) Периодической системы;

– основные тенденции и особенности эволюции свойств сложных и комплексных соединений;

– общую картину и закономерности эволюции твердых веществ;

– особенности эволюции нанодисперсного вещества;

– прогностическую роль Периодического закона в целенаправленном синтезе новых функциональных материалов;

– основные подходы к исследованию различных неорганических объектов (объёмные материалы, нанокристаллические объекты, тонкоплёночные и наноструктурированные материалы);

– научно обоснованное совместное использование данных различных физико-химических и расчетных методов исследования – колебательной спектроскопии, квантовой химии, масс-спектрального анализа состава газовой фазы, дифракционных методов, Оже-спектроскопии, эмиссионных методов исследования – для получения максимально возможных качественных, прецизионных данных о синтезируемых материалах.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (вариативная) блока Б1.

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах, изученных студентами ранее в бакалавриате: «Общая и неорганическая химия», «Структурная химия и кристаллохимия», «Материаловедение», «Физико-химия нанокластеров, наноструктур, наноматериалов», «Нанотехнологии», «Тонкие плёнки и гетероструктуры», «Микроскопические методы исследования структуры материалов», «Спектроскопические методы исследования материалов». В магистратуре в предыдущем семестре студенты познакомились с дисциплиной «Периодический закон и его роль в целенаправленном синтезе новых материалов», «Фундаментальные основы современного материаловедения»

В результате освоения данного курса студенты будут знать современные тенденции развития неорганической химии, перспективных направлений в развитии химической науки, достигнут понимания основных закономерностей и особенностей изменения свойств элементов и их соединений в зависимости от их местоположения в Периодической системе, научатся на основании этого прогнозировать свойства будущих синтезируемых материалов и осуществлять целенаправленный выбор метода их синтеза, на основании этого студенты получают возможность разрабатывать новые оригинальные методы синтеза объектов с прогнозируемым целевым комплексом характеристик и на практике проводить их аттестацию.

Данная дисциплина является предшествующей дисциплинам «Фундаментальные основы кристаллохимии», «Аморфные и квазикристаллические материалы».

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-3	Способен овладеть в профессиональной деятельности основными типовыми методами синтеза и анализа веществ, элементного и фазового состава, структуры и свойств материалов (включая наноматериалы)	ПК-3.1	Способен использовать знания о составе, структуре и свойствах материалов для решения задач материаловедения	знать: основные закономерности и особенности изменения свойств элементов и их соединений в зависимости от их местоположения в Периодической системе уметь: прогнозировать свойства синтезируемых материалов и наноматериалов и осуществлять целенаправленный выбор метода их синтеза владеть: навыками научно обоснованного совместного использования данных различных физико-химических и расчетных методов исследования для получения максимально возможных качественных, прецизионных данных о составе, структуре и свойствах синтезируемых материалов
		ПК-3.2	Владеет основными методами синтеза и анализа вещества	знать: основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами и методы их анализа уметь: использовать полученные знания для разработки методик синтеза перспективных функциональных материалов владеть: навыками проведения самостоятельного поиска и разработки методик синтеза и анализа материалов (в том числе наноматериалов) с заданными свойствами

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4/144.**

**Форма промежуточной аттестации – экзамен**

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			2 семестр	3 семестр	...
Контактная работа		104	104		
в том числе:	лекции	38	38		
	практические	18	18		
	лабораторные	–	–		
	курсовая работа	–	–		
Самостоятельная работа		52	52		
Промежуточная аттестация (для экзамена)		36	36		
Итого:		144	144		

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений	<p><b>1. Лекции</b></p> <p>Периодический закон как основа химической систематики. Периодическая система (ПС) химических элементов Д.И. Менделеева и её структура. Виды аналогий в ПС, немонотонность изменения характеристик элементов в периодах, группах и подгруппах.</p> <p>Простые вещества. Граница Цинтля и структуры простых веществ. Правило Юм-Розери.</p> <p>Закономерности и причины изменения физических и химических свойств простых веществ в ПС.</p> <p>Бинарные соединения, изоэлектронные ряды бинарных соединений. Соединения <math>A^{III}B^V</math>, <math>A^{II}B^{VI}</math>, <math>A^I B^{VII}</math> как «алмазоподобные» полупроводники.</p> <p>Закономерности изменения фундаментальных характеристик в зависимости от положения элементов в ПС и природы химической связи.</p> <p>Основные закономерности изменения свойств непереходных элементов и их соединений по вертикали, горизонтали и диагонали.</p> <p>Целесообразность их рассмотрения от 1-2 до 13-18 групп.</p> <p>Закономерности и тенденции изменения свойств элементов и их соединений по мере заполнения внутренних электронных уровней.</p> <p>Целесообразность рассмотрения от группы 3 к 12 группе ПС.</p>	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>
1.2	Современные представления о химической связи в неорганической химии	<p>Свойства вещества как функция характера химической связи. Концепция «синтез - состав – строение – дисперсность - свойства».</p> <p>Систематика химических соединений по характеру химической связи на основании положения компонентов в ПС. Прогнозирование свойств соединений на основании данных о типах химической связи.</p> <p>Современные модели химической связи в неорганической химии. Симметрия молекул, точечные группы симметрии.</p>	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>
1.3	Кислоты и основания	<p>Кислотность по Брэнстеду. Кислотно-основное равновесие в воде. Сильные и слабые кислоты и основания. Закономерности в изменении кислотности по Брэнстеду. Аквакислоты, гидроксокислоты и оксокислоты. Безводные оксиды. Образование полиоксо соединений.</p> <p>Кислотность по Льюису, примеры кислот и оснований. Кислоты элементов групп бора и углерода. Кислоты элементов групп азота и кислорода. Молекулы галогенов как кислоты Льюиса.</p>	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>
1.4	Окисление и восстановление	<p>Окислительно-восстановительные процессы при извлечении простых веществ. Окислительно-восстановительные потенциалы. Окислительно-восстановительные полуреакции.</p> <p>Окислительно-восстановительная устойчивость в воде. Реакции с участием воды, диспропорционирование, окисление атмосферным</p>	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>

		кислородом.	
1.5	Образование, устойчивость и реакционная способность комплексных соединений	<p>Состав и строение комплексов. Номенклатура. Типичные лиганды. Изомерия и хиральность. Теория кристаллического поля и теория поля лигандов. Электронное строение четырёхкоординационных комплексов. Условия образования координационной связи в рамках ионной модели и представлений Льюиса. Устойчивость комплексов, энтропийный вклад: хелатирование, взаимодействие с макролигандами, сольватный эффект.</p> <p>Равновесие реакции комплексообразования. Механизмы реакций с участием моноядерных комплексов. Энергия активации. Предсказание реакционной способности по электронной конфигурации центрального атома (на примере первого переходного ряда). Реакции замещения лигандов. Скорости и механизмы замещения лигандов. Замещение в квадратных и октаэдрических комплексах. Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование. Фотохимические реакции. Понятие о каталитическом цикле, катализ с участием комплексов переходных металлов.</p>	<p>ЭУМК  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
1.6	Введение в электронное строение твердого тела и общая картина эволюции твердых веществ	<p>Электронное строение оксидов d-металлов со структурой каменной соли. Модель приближения химической связи. Изменение электрофизических свойств от металла до диэлектрика в ряду TiO – NiO, влияние нестехиометрии на изменение электрофизических свойств.</p> <p>Оксиды со структурой типа ReO<sub>3</sub>, d-p перекрывание при взаимодействии " катион-анион-катион на 180°". Бронзы, перовскиты: переход металл-диэлектрик в зависимости от природы металла и заселенности " A" -позиции. Гомологические ряды оксидных соединений.</p> <p>Низкоразмерные твердые тела. Цепочечные структуры: одномерная проводимость, Пайерлсовское искажение. Двумерные проводники на примерах халькогенидов d-металлов типа MX<sub>2</sub>, интеркаляты.</p> <p>Общая картина эволюции твердых веществ: основной эволюционный маршрут, элементарные процессы при образовании вещества, стадийность эволюции. Самовоспроизведение твердых тел, отклик на изменение свойств среды, деградация вещества.</p>	<p>ЭУМК  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
1.7	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	<p>Условия перехода вещества в нанодисперсное состояние; ограниченность времени пребывания вещества в наносостоянии; вариабельность наносистем; спонтанное упорядочение частиц; усложнение и деградация наносистем.</p>	<p>ЭУМК  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
1.8	Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твёрдого тела	<p>Основные принципы синтеза материалов. Принципы периодичности; структурного дизайна; химического, термодинамического и структурного подобия; непрерывности и соответствия компонентов равновесной системы, ограничения числа независимых параметров состояния в равновесной системе; структурного разупорядочения и непостоянства состава; химического, структурного, фазового усложнения; химической, гранулометрической и фазовой однородности; эквивалентности источников беспорядка в условиях минимизации свободной</p>	<p>ЭУМК  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>

		<p>энергии системы (принцип А.Вейла); одинакового эффекта различных физико-химических воздействий; синергетического эффекта различных физико-химических воздействий; неравноценности объема и поверхности; метастабильного многообразия</p> <p>Использование диаграмм Время - Температура – Превращение при создании материалов с контролируемыми свойствами. Самосборка и самоорганизация.</p>	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	<p>Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений</p>	<p>Твёрдые растворы. Закономерности изменения свойств твердых растворов в зависимости от положения заместителя в ПС и его содержания в растворе. Полупроводниковые соединения и твердые растворы на их основе. Бинарные интерметаллические соединения и металлидные фазы. Общие принципы легирования металлов. Материалы со структурой типа шпинели и перовскита. Критерии их образования на основании положения элементов в ПС.</p>	<p>ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
2.2	<p>Современные представления о химической связи в неорганической химии</p>	<p>Метод МО-ЛКАО для многоатомных молекул. Анализ геометрии молекул в рамках метода МО (диаграммы Уолша). Некоторые принципы и следствия метода МО-ЛКАО. Локализация, делокализация, гибридизация на примерах соединений элементов второго периода. Гипервалентность, электронодефицитные молекулы. Метод молекулярных орбиталей и строение твёрдых тел.</p> <p>Ван-дер-Ваальсово взаимодействие в молекулярных твердых телах, клатраты. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки.</p>	<p>ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
2.3	<p>Кислоты и основания</p>	<p>Классификация кислот и оснований Льюиса. Жёсткие и мягкие кислоты и основания. Гетерогенные кислотно-основные реакции.</p>	<p>ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
2.4	<p>Окисление и восстановление</p>	<p>Представление данных о потенциалах в виде диаграмм: диаграммы Латимера, Фроста, Пурбэ, их интерпретация.</p>	<p>ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>
2.5	<p>Образование, устойчивость и реакционная способность комплексных соединений</p>	<p>Особенности комплексообразования d-элементов. Расщепление орбиталей в полях различной симметрии. Факторы, влияющие на параметры расщепления, спектрохимический ряд лигандов (взаимосвязь орбитального строения лиганда с его положением в ряду).</p> <p>Реальная электронная конфигурация атомов, термы. Расщепление термов основного состояния в зависимости от симметрии окружения. Энергетические диаграммы для многоэлектронных систем (Оргела и Танабе-Сугано). Спектры электронных переходов. Магнитные свойства комплексов.</p> <p>Явление переноса заряда, π-связывание, образование кратных связей металл-лиганд. Комплексы d-элементов с π-донорными лигандами: комплексы с CO, NO, ненасыщенными углеводородами; металлоцены, фуллериды, металлокарбены (Фишера и Шрока) – взаимосвязь характера химической связи и реакционной</p>	<p>ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a></p>

		способности.	
2.6	Введение в электронное строение твердого тела и общая картина эволюции твердых веществ	Зонная структура твердого тела. Образование зон в результате перекрывания орбиталей. Характеристики зоны, плотность состояний. Металлы, диэлектрики. Полупроводники: собственные и несобственные. Границы применимости зонной модели.	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>
2.7	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	Обзор методов синтеза веществ в наноразмерном состоянии: золь-гель метод, механохимический синтез, криохимический синтез, электровзрывное получение порошковых материалов, газофазное окисление, газофазный гидролиз, механическое диспергирование. Получение двумерных и одномерных наноматериалов: вискеры и фуллерены, полупроводниковые наногетероструктуры, функциональные покрытия. Применение наноматериалов и гетероструктур.	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>
2.8	Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твердого тела	Современные методы исследования морфологии поверхности твердого тела. Спектроскопические методы в приложении к исследованию наносистем. Методы элементного и фазового анализа поверхности. Оже-электронная спектроскопия как метод определения профилей распределения компонентов по толщине образцов. Особенности анализа тонких пленок. Вторичная ионная масс-спектрометрия: физико-химические основы и области применения. Рентгенофазовый анализ на малых углах в определении состава наноразмерных слоев. Фотоэлектронная спектроскопия как метод определения состава неорганических материалов. Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод, дополняющий ИК-спектроскопию при установлении состава различных неорганических объектов. Индуцированная протонами рентгеновская эмиссия.	ЭУМК <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618</a>
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1			
3.2			

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений	4	2	–	6	12
2	Современные представления о химической связи в неорганической химии	6	2	–	8	16
3	Кислоты и основания	4	2	–	8	14
4	Окисление и восстановление	4	2	–	6	12
5	Образование, устойчивость и реакционная способность комплексных	4	2	–	8	14

	соединений					
6	Введение в электронное строение твердого тела и общая картина эволюции твердых веществ	4	2	–	4	10
7	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	4	2	–	8	14
8	Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твердого тела	8	4	–	4	16
Итого:		38	18	–	52	108

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

Данный курс основан на сочетании лекционных и практических занятий. Достаточно большое внимание уделено самостоятельной работе студентов, в рамках которой необходимо уделять внимание более углубленному изучению отдельных разделов дисциплины, работе с литературными источниками, статьями в ведущих научных журналах и специализированных изданиях, поиску информации.

В процессе изучения дисциплины предполагаются: работа с конспектами лекций и литературными источниками; проведение контрольных работ (тестирование); подготовка и защита рефератов.

Текущий контроль проводится в форме устного опроса, контрольных работ.

Возможно получение экзамена автоматом при выполнении требований, перечисленных в п. 20.

Организация изучения дисциплины предполагает использование дистанционных образовательных технологий с применением инструментов электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ». ЭУМК «Современная неорганическая химия» (<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618>) на портале ВГУ «Электронный университет» содержит методические материалы, презентации лекций, учебные пособия и необходимые для изучения дисциплины материалы. При реализации дисциплины также используются сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и социальные сети.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Неорганическая химия. Химия элементов: учебник в 2 т. / Ю. Д. Третьяков [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство МГУ; Академкнига, 2007. – Т. 1. – 538 с.; Т. 2. – 670 с.
2.	Иевлев В. М. Тонкие пленки неорганических материалов: Механизм роста и субструктура : учеб. пособие / В. М. Иевлев. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 496 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Гринвуд Н. Химия элементов : в 2 т. : [учебник для вузов] / Н. Гринвуд, А. Эрншо. – Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. – (Лучший зарубежный учебник). – Т. 1. – 607 с.; Т. 2. – 670 с.
4.	Третьяков Ю. Д. Введение в химию твердофазных материалов: учебное пособие / Ю. Д. Третьяков, В. И. Путляев. – Москва : МГУ, 2006. – 399 с.
5.	Мелихов И. В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И. В. Мелихов – Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 309 с. (Нанотехнология).
6.	Суздаев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев – Москва : КомКнига, 2006. – 589 с. (Синергетика : от



	прошлого к будущему).
7.	Шрайвер Д. Неорганическая химия : в 2 т. / Д. Шрайвер, П. Эткинс. – Москва : Мир, 2004. – (Лучший зарубежный учебник). – Т. 1. – 679 с.; Т. 2. – 486 с.
8.	Неорганическая химия : в 3 т. : учебник для студ. вузов, обуч. по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" / под ред. Ю. Д. Третьякова. — Москва : Academia, 2004. – Т. 2. – 365 с.; Т. 3. кн. 1 – 348 с.; Т. 3. кн. 2 – 399 с.
9.	Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы: учебное пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин, под ред. Ю. Д. Третьякова. – Москва : Физматлит, 2010. - 456 с.
10.	Угай Я. А. Неорганическая химия: учеб. для хим. спец. вузов / Я. А. Угай. – Москва : Высшая школа, 1989. – 463 с.
11.	Беккер Ю. Спектроскопия / Ю. Бёккер. – Москва : Техносфера, 2009. – 528 с.
12.	Старостин Н. Материалы и методы нанотехнологии: учебное пособие / Н. Старостин. – Москва : Бином, 2008. – 431 с.
13.	Губин С. П. Химия кластеров / С. П. Губин. – Москва : Наука, 1987. – 263 с.
14.	Меншутина Н. В. Введение в нанотехнологию / Н. В. Меншутина. – Калуга : Издательство научной литературы Н. Ф. Бочкаревой, 2006. – 132 с.
15.	Housecroft C. E. Inorganic chemistry / C. E. Housecroft, A. G. Sharpe. – Harlow Essex, England. – 2001. – 808 p.
16.	Берсукер И. Б. Электронное строение и свойства координационных соединений / И. Б. Берсукер. – Санкт-Петербург : Химия, 1986. – 348 с.
17.	Рао Ч. Н. Р. Новые направления в химии твердого тела / Ч. Н. Р. Рао, Дж. Гопалакришнан. – Новосибирск : Наука, 1990. – 520 с.
18.	Шабанова Н. А. Химия и технология нанодисперсных оксидов : учебное пособие / Н. А. Шабанова, В. В. Попов, П. Д. Саркисов. – Москва : Академкнига, 2006. – 309 с.
19.	Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. К. Неволин. – Москва : Техносфера, 2005. – 147 с.
20.	Пул Ч. П. Нанотехнологии : учеб. пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Нанотехнологии" / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина; доп. В. В. Лучинина. – 2-е изд., доп. – Москва : Техносфера, 2006. – 334 с.
21.	Методы исследования атомной структуры и субструктуры материалов : учебное пособие / В. М. Иевлев [и др.]. – Воронеж: Издательство ВГТУ, 2003. – 485 с.
22.	Лидин Р. А. Номенклатура неорганических веществ / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, З. А. Кудряшова; Под ред. Р. А. Лидина. – Москва : КолосС, 2006. – 95 с.
23.	Третьяков Ю. Д. Развитие неорганической химии как фундаментальной основы создания новых поколений функциональных материалов / Ю. Д. Третьяков // Успехи химии. – 2004. – Т. 73, № 9. – С. 899-916.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
2.	<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> - Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»
3.	<a href="http://www.chem.msu.ru/rus/">http://www.chem.msu.ru/rus/</a> - Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ в Internet,
4.	<a href="http://www.e-library.ru">www.e-library.ru</a> - информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций.
5.	<a href="http://iric.imet-db.ru/">http://iric.imet-db.ru/</a> - База данных IRIC (Information Resources of Inorganic Chemistry) содержит краткую информацию об информационных системах в области неорганической химии и материаловедения.
6.	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
7.	<a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> - Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online",
8.	<a href="http://www.studmedlib.ru/">http://www.studmedlib.ru/</a> - Электронно-библиотечная система "Консультант студента"

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Миттова И. Я. Периодический закон как основа химической систематики. Химия элементов I и II групп Периодической системы [Электронный ресурс] : учебное пособие

	для вузов / И. Я. Миттова, Е. В. Томина, Б. В. Сладкопевцев ; Воронеж. гос. ун-т. – Электрон. текстовые дан. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009.
2.	Химия элементов III и IV групп Периодической системы : учебное пособие : [для студ. 1 к. хим. фак. днев. отд-ния направлений: 020900 – Химия, физика и механика материалов, 020100 – Химия] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: И. Я. Миттова, Е. В. Томина, Б. В. Сладкопевцев. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. – 70 с.
3.	Химия элементов V и VI групп Периодической системы : учебное пособие для вузов : [для студ. 1 к. хим. фак. днев. отд-ния направлений: 020300 - Химия, физика и механика материалов, 020100 - Химия] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: И. Я. Миттова, Е. В. Томина, Б. В. Сладкопевцев. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2012. – 98 с.
4.	Химия элементов VII группы Периодической системы : учебное пособие : [для студ. 1 к. днев. отд-ния хим. фак. направлений: 020300 - Химия, физика и механика материалов, 020100 - Химия, 020201 - Фундаментальная и прикладная химия] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: И. Я. Миттова и др.]. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2015. – 54 с.
5.	Химия элементов VIII группы Периодической системы : учебное пособие : [для студ. 1 к. хим. фак. днев. отд-ния направлений: 020300 - Химия, физика и механика материалов, 020100 - Химия] / Воронеж. гос. ун-т ; [сост.: И. Я. Миттова и др.]. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013. – 48 с.

### 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

При реализации дисциплины используются различные типы лекций – вводные лекции, информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации), по отдельным темам – обзорные. На практических занятиях: выступление с рефератами, семинарские занятия. Текущая аттестация осуществляется в форме контрольных работ, промежуточная – по КИМ.

Использование ЭУМК <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618>

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и социальные сети.

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Мультимедийный проектор BENQ, экран, ноутбук

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос, контрольные работы №№1-4
2.	Современные представления о химической связи в неорганической химии	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос
3.	Кислоты и основания	ПК-3	ПК-3.1	Устный опрос

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ПК-3.2	
4.	Окисление и восстановление	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос Защита рефератов
5.	Образование, устойчивость и реакционная способность комплексных соединений	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос Защита рефератов
6.	Введение в электронное строение твердого тела и общая картина эволюции твердых веществ	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос Защита рефератов
7.	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос Защита рефератов
8.	Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твердого тела	ПК-3	ПК-3.1 ПК-3.2	Устный опрос Защита рефератов
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен				<i>Перечень вопросов</i>

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Контрольная работа*

*Реферат*

### Перечень заданий для контрольных работ

#### Тема «Химия элементов IA-IVA-групп»

##### Вариант №1

1. В чем проявляется диагональная аналогия Li и Mg?
2. Почему из элементов IIA группы Be наименее активен?
3. Какую структуру имеет  $AlPO_4$ ? О чем это свидетельствует?
4. Общность каких свойств позволяет говорить о диагональном сходстве бериллия и алюминия?

##### Вариант №2

1. В ряду Li-Cs плотность металлов растет, однако ее изменение не монотонно: почему плотность металлического калия меньше плотности натрия?
2. Какое координационное число характерно для Be в комплексах? Чем это объяснить? Приведите примеры.
3. Что такое боразол? Каково его строение?
4. Имеют ли оксиды  $CO_2$  и  $SO_2$  одинаковое химическое строение? Как построены эти молекулы?

##### Вариант №3

1. Чем объясняется, что Li является лучшим комплексообразователем, чем Na?
2. Какова структура BeO? Как этот реактив получить в лаборатории?
3. Какие координационные числа характерны для Al в комплексах? Примеры?
4. В чем химическое сходство и различие  $\text{CCl}_4$  и  $\text{SiCl}_4$ ?

Вариант №4

1. Какую структуру имеет нитрид лития?
2. Охарактеризуйте сходство и различие  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  и  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . Чем эти черты обусловлены?
3. Какой бор активнее: кристаллический или аморфный и почему?
4. Какие комплексные соединения характерны для Al?

Вариант №5

1. Объясните, почему термическая устойчивость гидридов, оксидов, и нитридов щелочных металлов убывает вниз по группе, а устойчивость пероксидов, надпероксидов, озонидов и карбонатов при этом возрастает.
2. Какие структуры имеют фторид и хлорид бериллия? Дайте их описание.
3. Для какого элемента Al является диагональным аналогом? Горизонтальным? Как это проявляется в его химии?
4. Как получить тиоциан(родан)? Какова его структура?

Вариант №6

1. Какие соединения образуются щелочными металлами в сухом воздухе? При горении в атмосфере кислорода? Назовите их.
2. Какая кристаллическая структура у карбида кальция?
3. Почему бор функционирует как неметалл?
4. Как получают технический и чистый кремний?

Вариант №7

1. Чем объясняется различная растворимость в воде гидрокарбонатов натрия и калия?
2. Какая кристаллическая структура у пероксида бария?
3. Что вы знаете о соединениях  $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ ?
4. Какова структура  $\text{CaTiO}_3$ ? Охарактеризуйте.

Вариант №8

1. Почему натриевая селитра более гигроскопична, чем калийная?
2. Какие комплексные соединения характерны для Mg?
3. Является ли Al хорошим комплексообразователем? Примеры.
4. Имеется ли сходство в химическом поведении CO и  $\text{CO}_2$ ? Охарактеризуйте кратко химические свойства этих оксидов.

Вариант №9

1. Общность каких свойств позволяет говорить о диагональном сходстве лития и магния?
2. Какие комплексные соединения характерны для Be?
3. Что вы можете рассказать о  $\alpha$ -нитрид бора?
4. Какова структура Si в сравнении со структурой алмаза?

Вариант №10

1. Какие химические свойства характерны для IA группы?
2. Общность каких свойств позволяет говорить о диагональном сходстве бериллия и алюминия?
3. Какова максимальная ковалентность, которую может проявлять Al? Почему?
4. Какова структура у  $\text{SiO}_2$ ? Охарактеризуйте.

### Тема «Химия элементов VA-VIIIA-групп»

Вариант №1

1. Каково строение молекулы  $\text{NH}_3$ ? Иона аммония?
2. Как изменяется летучесть и термическая устойчивость диоксидов ЭО<sub>2</sub> элементов подгруппы серы в ряду S-Se-Te-Po?
3. Как изменяется сила кислот в ряду HF-HCl-HBr-HI? Почему?
4. Дайте характеристику VIIIA-группе.

Вариант №2

1. Какова структура молекулы азотистой кислоты?
2. Объясните строение молекул кислорода и озона.
3. Какие методы получения хлора вам известны?
4. Какое строение у  $\text{XeF}_2$ ? Применение.

#### Вариант №3

1. Какие модификации  $P_2O_5$  вам известны? Опишите их.
2. Как изменяется летучесть и термическая устойчивость диоксидов ЭО<sub>2</sub> элементов подгруппы серы в ряду S-Se-Te-Po?
3. Что вам известно о  $NF_3$ ?
4. Что такое клатраты? Приведите примеры.

#### Вариант №4

1. Как проявляется вторичная периодичность в ряду As-Sb-Bi?
2. Назовите соединение  $SOCl_2$ . Каково его химическое строение?
3. Назовите следующие соединения:  $HClO$ ,  $HClO_2$ ,  $HClO_3$ ,  $HClO_4$ . Дайте краткую характеристику для каждой из кислот.
4. Какое строение у  $XeF_4$ ? Применение.

#### Вариант №5

1. Что вам известно о  $PH_3$ ?
2. Каковы особенности серы в сравнении с кислородом?
3. Какая структура у  $AlBr_3$ ?
4. Какие химические свойства проявляет ксенон? Применение?

#### Вариант №6

1. Какое строение у оксида фосфора (III)? Как его получить?
2. Как изменяются  $T_{пл}$  и  $T_{кип}$  в ряду гидридов от  $H_2S$  до  $H_2Te$ ? Объясните почему.
3. Какое строение у  $BrF_3$ ? Зарисуйте.
4. Какие химические свойства проявляет Не? Применение?

#### Вариант №7

1. Является ли фосфор горизонтальным аналогом других элементов? Каких? Если да, то в чем она проявляется?
2. Какое строение у  $SO_2$ ? Какими свойствами он обладает?
3. В чем заключается отличие электронного строения атома фтора от строения атомов других галогенов? К каким особенностям химии фтора приводит это отличие?
4. Что вам известно о  $XeO_3$ ? Дайте краткое описание.

#### Вариант №8

1. Что вам известно о  $NO$ ? Как его получить?
2. Какое строение у  $SO_3$ ? Какими свойствами он обладает?
3. Дайте обоснование тому факту, что фтор в соединениях проявляет только отрицательную степень окисления. В соединениях с какими элементами более вероятно наличие ионов  $F^-$ ? Почему?
4. Что вам известно о  $XeO_4$ ? Дайте краткое описание.

#### Вариант №9

1. Какие комплексные катионы и анионы образуют элементы подгруппы мышьяка?
2. Какова структура у  $SeO_3$ ? Какими свойствами он обладает?
3. Подробно охарактеризуйте  $CdS$
4. Какое строение у  $KrF_2$ ? Применение.

#### Вариант №10

1. Подробно охарактеризуйте гидразин.
2. Какие комплексные соединения вам известны для серы?
3. Жидкие галогеноводороды  $HCl$ ,  $HBr$  и  $HI$  (в отличие от жидкого  $HF$ ) не реагируют с металлами, оксидами и карбонатами металлов (например, с  $Na$ ,  $Na_2O$  и  $Na_2CO_3$ ). Чем это объясняется?
4. Какие химические свойства характерны для фторидов ксенона?

### Тема «Химия элементов IB-IVB-групп»

#### Вариант №1

1. Чем объясняется высокая комплексообразующая способность элементов IB группы? Как эта способность меняется в ряду  $Cu-Ag-Au$ ?
2. Какие модификации сульфида цинка вам известны? Охарактеризуйте их структуру.
3. Как изменяются свойства элементов IIIB группы при движении сверху вниз?
4. Чем объясняется высокая температура плавления для  $Ti$ ? Как эта характеристика изменяется от  $Ti$  к  $Hf$ ?

#### Вариант №2

1. Почему именно для Ag наблюдается устойчивая степень окисления +1?
2. Чем можно объяснить, что для ртути в отличие от цинка и кадмия характерны две степени окисления: +2 и +1? Какова валентность ртути в соответствующих соединениях?
3. Для какого элемента Sc является диагональным аналогом? Горизонтальным? Как это проявляется в его химии?
4. Какие комплексные соединения характерны для Zr?

Вариант №3

1. Какие Вам известны оксиды и гидроксиды, отвечающие гипервалентным состояниям элементов IV группы? Какими свойствами они обладают?
2. Почему металлы подгруппы цинка являются связующим звеном между элементами IV группы и IIIA группы? Как это проявляется в химии элементов IIB группы?
3. Охарактеризуйте лантаниды как комплексообразователи?
4. Какие степени окисления проявляют элементы подгруппы Ti? Приведите примеры.

Вариант №4

1. Назовите наиболее характерные комплексные катионы и анионы  $Cu^{2+}$ ?
2. Какие модификации HgO Вам известны? Дайте их описание.
3. Что Вы можете рассказать о РЗЭ?
4. Каковы структура и свойства  $CaTiO_3$  и  $BaTiO_3$ ?

Вариант №5

1. Какие комплексы наиболее характерны для  $Au^{3+}$ ? Почему?
2. Какие кристаллические структуры имеют ZnO, CdO, HgO? Дайте их описание.
3. Для какого элемента La является диагональным аналогом? Горизонтальным? Как это проявляется в его химии?
4. Какие комплексные соединения характерны для Ti?

Вариант №6

1. Что происходит при хранении на воздухе с медью, серебром, золотом?
2. Что такое меркураты? Приведите примеры.
3. Как проявляется внутренняя периодичность в изменении температур плавления лантаноидов? Чем это объясняется?
4. Какова структура  $TiO_2$ ? О каком типе связи свидетельствует такая структура?

Вариант №7

1. Чем объясняется высокая комплексообразующая способность элементов IV группы? Как эта способность меняется в ряду Cu-Ag-Au?
2. Чем можно объяснить тот факт, что цинк реагирует с серой только при нагревании, а ртуть - при обычных условиях, хотя цинк является более активным металлом, чем ртуть?
3. Назовите лантанид, обладающий самыми сильными восстановительными свойствами.
4. Какой тип связи преобладает в тетрагалогенидах элементов подгруппы Ti? Это устойчивые или неустойчивые соединения?

Вариант №8

1. Какие Вам известны оксиды и гидроксиды, отвечающие гипервалентным состояниям элементов IV группы? Какими свойствами они обладают?
2. Чем можно объяснить, что для ртути в отличие от цинка и кадмия характерны две степени окисления: +2 и +1? Какова валентность ртути в соответствующих соединениях?
3. Среди лантанидов степень окисления +2 наиболее устойчива для европия. Объясните этот факт.
4. Подробно охарактеризуйте элементы подгруппы Ti.

Вариант №9

1. Чем объясняется высокая комплексообразующая способность элементов IV группы? Как эта способность меняется в ряду Cu-Ag-Au?
2. Какие модификации сульфида цинка Вам известны? Дайте описание их структуры.
3. Как изменяется склонность к гидролизу солей лантанидов с увеличением порядкового номера элемента? Как это объяснить?
4. Дайте характеристику галогенидам IVB группы.

Вариант №10

1. Какие комплексы наиболее характерны для  $Au^{3+}$ ? Почему?
2. Какие модификации HgO Вам известны? Дайте их описание.
3. Для какого элемента Y является диагональным аналогом? Горизонтальным? Как это проявляется в его химии?

4. Какие степени окисления проявляют элементы подгруппы Ti? Приведите примеры.

### Тема «Химия элементов VB-VIIIB-групп»

#### Вариант №1

1. Какие степени окисления характерны для V? Приведите примеры.
2. У какого из оксидов  $\text{CrO}_3$ ,  $\alpha\text{-MoO}_3$ ,  $\alpha\text{-WO}_3$  наиболее низкая  $T_{\text{пл}}$  и почему?
3. Что Вам известно о  $\text{MnO}$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $\text{Ni}^{2+}$ ? Примеры.

#### Вариант №2

1. Охарактеризуйте семейство ванадия.
2. Какие комплексные соединения характерны для хрома?
3. Что Вам известно о  $\text{MnO}_2$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для кобальта? Примеры.

#### Вариант №3

1. Какие факты свидетельствуют о повышении стабильности степени окисления +5 при переходе от V к Ta?
2. Что Вам известно о  $\text{MoO}_3$ ?
3. Охарактеризуйте комплексные соединения для  $\text{Mn}^{+2}$
4. Что Вам известно о  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ? Строение? Применение?

#### Вариант №4

1. Какие комплексные соединения V вам известны?
2. Какие структуры имеют  $\text{CrO}_3$ ,  $\alpha\text{-MoO}_3$ ,  $\alpha\text{-WO}_3$ ?
3. Что Вам известно о  $\text{MnO}_4^{2-}$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $\text{Co}^{3+}$ ? Примеры.

#### Вариант №5

1. У элементов какой группы: IVB или VB  $T_{\text{пл}}$  выше? Чем это обусловлено?
2. Как получают  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ? Какими свойствами он обладает?
3. Что вам известно о  $\text{MnO}$ ?
4. Охарактеризуйте элементы триады железа.

#### Вариант №6

1. Как изменяется  $T_{\text{пл}}$  пентаоксидов в ряду V-Nb-Ta? Как это объяснить?
2. Какие комплексные соединения характерны для молибдена?
3. Как изменяются свойства соединений при переходе от  $\text{Mn}^{+2}$  к  $\text{Mn}^{+7}$  через промежуточные степени окисления?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $\text{Fe}^{2+}$ ?

#### Вариант №7

1. Какие комплексные соединения Nb вам известны?
2. У какого из оксидов  $\text{CrO}_3$ ,  $\alpha\text{-MoO}_3$ ,  $\alpha\text{-WO}_3$  наиболее низкая  $T_{\text{пл}}$  и почему?
3. Какие комплексные соединения вам известны для Mn?
4. Какие из элементов VIIIB группы проявляют степень окисления, соответствующую номеру группы? В каких соединениях?

#### Вариант №8

1. Является ли V горизонтальным аналогом других элементов? Каких?
2. Какие комплексные соединения Вам известны для W?
3. С чем связана гораздо большая устойчивость марганца в степени окисления +2 по сравнению с аналогичными соединениями ванадия и хрома?
4. Как изменяется устойчивость галогенидных комплексов железа(III) в ряду F-Cl-Br-I? Ответ поясните.

#### Вариант №9

1. Подробно охарактеризуйте  $\text{V}_2\text{O}_5$ .
2. Какие комплексные соединения Вам известны для Cr?
3. Что Вам известно о  $\text{MnO}_4^{2-}$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $\text{Co}^{3+}$ ? Примеры.

#### Вариант №10

1. У элементов какой группы: IVB или VB  $T_{\text{пл}}$  выше? Чем это обусловлено?
2. Какие комплексные соединения характерны для Mo?
3. Что Вам известно о  $\text{MnO}_2$ ?

4. Какие степени окисления характерны для элементов триады железа? Какова их сравнительная устойчивость и как это объяснить?

### Темы рефератов

1. Общая картина эволюции твердых веществ
2. Анализ геометрии молекул в рамках метода МО (диаграммы Уолша)
3. Реакции комплексообразования. Равновесие, скорость и механизмы процессов.
4. Комплексы d-элементов с π-донорными лигандами
5. Катализ с участием комплексов переходных металлов
6. Магнитные свойства комплексных соединений
7. Двумерные проводники на основе халькогенидов d-металлов типа  $MX_2$
8. Перовскитоподобные соединения: особенности структуры и перспективы применения
9. Бороводороды: особенности строения и реакционная способность
10. Металлобораны
11. Химия в экстремальных условиях (обзорно)
12. Процессы самоорганизации в химии материалов

Описание технологии проведения

Контрольная работа проводится в письменном виде, длительность контрольной работы – 45 минут, перечень тем для подготовки студентам известен заранее.

Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)

Контрольная работа оценивается по количеству выполненных заданий, правильности и полноте выполнения каждого задания.

Реферат оценивается по глубине раскрытия темы, умению ориентироваться в теме, ответам на вопросы аудитории и преподавателя.

Требования к оформлению реферата

Реферат представляется в электронном виде в формате документа MS Word. Шрифт – Times New Roman, размер – 13 pt. Поля: верхнее – 20 мм, правое – 15 мм, левое – 30 мм, нижнее – 25 мм. Абзацный отступ – 1,25 см. Межстрочный интервал – полуторный. Выравнивание – по ширине. Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы и иметь названия. После титульного листа должно идти содержание.

Структура реферата: введение, основной текст с подразделами, заключение, список литературы. Список цитируемых источников оформляется в соответствии с ГОСТ, количество источников – не менее 15. Объем реферата – не менее 20 страниц.

Выступление для аудитории должен быть проведено с использованием презентации, которая должна включать в большей мере иллюстративный материал и минимум текста (пояснения, заголовки, ключевые моменты).

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Собеседование по билетам к зачету*

---

Перечень вопросов к экзамену и порядок формирования КИМ

1. Систематика химических соединений по характеру химической связи на основании положения компонентов в ПС.
2. Закономерности и причины изменения физических и химических свойств простых веществ в ПС.
3. Основные закономерности изменения свойств непереходных элементов и их соединений по вертикали, горизонтали и диагонали.
4. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки.
5. Металлы. Полупроводники (собственные и несобственные) и диэлектрики.
6. Представление данных об окислительно-восстановительных потенциалах в виде диаграмм: диаграммы Латимера и Фроста.
7. Зонная структура твердого тела.



8. Условия образования координационной связи в рамках ионной модели и представлений Льюиса.
9. Особенности комплексообразования d-элементов.
10. Устойчивость комплексов, энтропийный вклад: хелатирование, взаимодействие с макролигандами, сольватный эффект.
11. Механизмы реакций с участием моноядерных комплексов. Энергия активации.
12. Основные принципы синтеза материалов.
13. Низкоразмерные твердофазные объекты: общая характеристика и индивидуальные особенности.
14. Методы синтеза неорганических веществ в наноразмерном состоянии
15. Получение двумерных и одномерных наноматериалов: вискеры и фуллерены, полупроводниковые наногетероструктуры, функциональные покрытия
16. Спектроскопия комбинационного рассеяния как метод, дополняющий ИК-спектроскопию при установлении состава различных неорганических объектов.
17. Фотоэлектронная спектроскопия как метод определения состава неорганических материалов.
18. Микроскопические методы исследования неорганических материалов
19. Оже-электронная спектроскопия как метод определения профилей распределения компонентов по толщине образцов
20. Вторичная ионная масс-спектрометрия: физико-химические основы и области применения.
21. Бинарные соединения, изоэлектронные ряды бинарных соединений. Соединения  $A^{III}B^V$ ,  $A^{II}B^{VI}$ ,  $A^I B^{VII}$  как «алмазоподобные» полупроводники.
22. Двумерные проводники на примерах халькогенидов d-металлов типа  $MX_2$ , интеркаляты.

Каждый КИМ содержит 2 вопроса и разных разделов программы.

Описание технологии проведения

На подготовку письменного ответа на вопросы КИМ (на листах ответов) даётся 60 минут, после этого проводится устная беседа.

Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом современной неорганической химии; знание современных тенденций развития неорганической химии; основных закономерностей и особенностей изменения свойств элементов и их соединений в зависимости от их местоположения в Периодической системе
- 2) знание современных представлений о химической связи, кислотно-основном взаимодействии, окислительно-восстановительных процессах, строении и реакционной способности комплексных соединений;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение использовать полученные знания для прогнозирования свойств синтезируемых материалов и наноматериалов и осуществлять целенаправленный выбор метода их синтеза;
- 5) владение навыками научно обоснованного совместного использования данных различных физико-химических и расчетных методов исследования для получения максимально возможных качественных, прецизионных данных о свойствах синтезируемых материалов.

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

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
---------------------------------	--------------------------------------	--------------

Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области современной неорганической химии и синтеза новых материалов	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен знания для решения практических задач в области современной неорганической химии и синтеза новых материалов, допускает отдельные ошибки при рассмотрении отдельных способов синтеза материалов или при описании современных представлений неорганической химии	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен описать основные теории и современные представления неорганической химии, допускает грубые ошибки при ответе	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки	–	Неудовлетворительно

### 20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

Примеры заданий (правильные ответы выделены жирным шрифтом)  
 Полный банк тестовых заданий находится в тренировочном тесте в Электронном университете ВГУ в курсе «Современная неорганическая химия»  
<https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4618>

ПК-3 Способен овладеть в профессиональной деятельности основными типовыми методами синтеза и анализа веществ, элементного и фазового состава, структуры и свойств материалов (включая наноматериалы)

ПК-3.1Способен использовать знания о составе, структуре и свойствах материалов для решения задач материаловедения

знать: основные закономерности и особенности изменения свойств элементов и их соединений в зависимости от их местоположения в Периодической системе

уметь: прогнозировать свойства синтезируемых материалов и наноматериалов и осуществлять целенаправленный выбор метода их синтеза

владеть: навыками научно обоснованного совместного использования данных различных физико-химических и расчетных методов исследования для получения максимально возможных качественных, прецизионных данных о составе, структуре и свойствах синтезируемых материалов

ПК-3.2 Владеет основными методами синтеза и анализа вещества

знать: основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами и методы их анализа

уметь: использовать полученные знания для разработки методик синтеза перспективных функциональных материалов

владеть: навыками проведения самостоятельного поиска и разработки методик синтеза и анализа материалов (в том числе наноматериалов) с заданными свойствами

#### Перечень заданий для оценки сформированности компетенции ПК-3:

##### 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

1. Выберите методы, позволяющие получить информацию о морфологии поверхности наноразмерных объектов и использующие излучение видимого диапазона электромагнитного спектра:

- а) **конфокальная лазерная сканирующая микроскопия**
- б) растровая электронная микроскопия
- в) **сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия**

г) сканирующая туннельная микроскопия

2. Какой из перечисленных методов непригоден для исследования морфологии поверхности диэлектриков?

- а) атомно-силовая микроскопия
- б) конфокальная лазерная сканирующая микроскопия
- в) сканирующая туннельная микроскопия**
- г) сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия

3. Какие из предложенных методов позволяют определять фазовый состав наноразмерных плёнок?

- а) рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
- б) рентгенофазовый анализ на малых углах**
- в) ИК спектроскопия, методика нарушенного полного внутреннего отражения**
- г) локальный рентгеноспектральный микроанализ

4. Выберите методы, позволяющие получить информацию о составе поверхности (приповерхностного слоя) наноразмерных объектов:

- а) инфракрасная колебательная спектроскопия
- б) локальный рентгеноспектральный микроанализ
- в) рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия**
- г) Оже-электронная спектроскопия**

5. Из приведённого перечня выберите методы, позволяющие формировать плёнки того же состава, как и исходное вещество/материал:

- а) метод MO CVD
- б) вакуумно-термическое испарение**
- в) магнетронное распыление**
- г) золь-гель технология

6. Из приведённого перечня выберите методы, позволяющие формировать наноразмерные плёнки, отличающиеся по составу от исходно взятого вещества/материала:

- а) технология Лэнгмюра-Блоджетт
- б) метод MO CVD**
- в) механическое измельчение
- г) золь-гель технология**

7. Какой преобладающий тип связи характерен для бинарных соединений, оба элемента которых расположены справа от границы Цинтля:

- а) ковалентная**
- б) металлическая
- в) водородная
- г) ионная

8. Какой преобладающий тип связи характерен для бинарных соединений, оба элемента которых расположены слева от границы Цинтля:

- а) ковалентная
- б) металлическая**
- в) водородная
- г) ионная

9. График зависимости  $NE^\circ$  для пары Э(N)/Э(0) от степени окисления элемента N называется:

- а) диаграммой Пурбэ
- б) диаграммой Фроста**
- в) диаграммой Латимера
- г) диаграммой Эллингхэма

10. Диаграмма, наглядно отображающая термодинамически устойчивые формы существования элементов (в виде ионов, молекул, атомных кристаллов и металлов) в растворах при различных значениях водородного показателя рН и окислительно-восстановительного потенциала E называется:

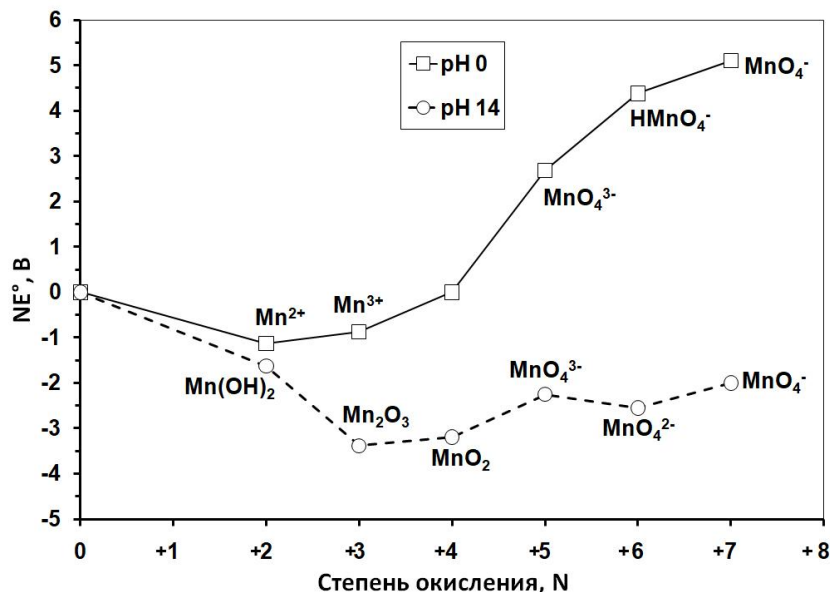
- а) диаграммой Пурбэ
- б) диаграммой Фроста
- в) диаграммой Латимера
- г) диаграммой Эллингхэма

11. Система обобщения количественных red/ox данных для конкретного элемента (стандартные электродные потенциалы между различными формами одного элемента с разными степенями окисления) называется:

- а) диаграммой Пурбэ
- б) диаграммой Фроста
- в) диаграммой Латимера
- г) диаграммой Эллингхэма

12. При использовании  $\text{MnO}_4^-$  в качестве окислителя согласно приведённой диаграмме в кислом растворе наиболее устойчивой формой марганца будет:

- а)  $\text{Mn}^0$
- б)  $\text{Mn}_2\text{O}_3$
- в)  $\text{Mn}^{2+}$
- г)  $\text{MnO}_4^{2-}$



13. Какая форма марганца согласно приведённой диаграмме в щёлочной среде будет наиболее устойчивой?

- а)  $\text{MnO}_2$
- б)  $\text{Mn}_2\text{O}_3$
- в)  $\text{MnO}_4^{3-}$
- г)  $\text{MnO}_4^{2-}$

2) открытые задания (расчётные задачи, повышенный уровень сложности, краткий ответ):

1. Приведите пример метода исследования, позволяющего получить изображение одностенных углеродных нанотрубок с атомарным разрешением: \_\_\_\_\_

Правильный ответ: просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия, СТМ, ПЭМ

2. Режим работы сканирующего туннельного микроскопа, при котором отсутствует перемещение зонда по высоте (оси Z) и регистрируется изменение туннельного тока, называется режимом \_\_\_\_\_

Правильный ответ: постоянной высоты

3. Технология, позволяющая получать мономолекулярные слои с использованием молекул поверхностно-активных веществ на поверхности жидкости называется технологией \_\_\_\_\_

Правильный ответ: Ленгмюра-Блоджетт

3) практико-ориентированные задачи (повышенный уровень сложности, развёрнутый ответ)

1. Предложите один из вариантов процесса синтеза гетероструктуры GaAs/InP с толщиной плёнки арсенида галлия 100 нм.

2. Предложите и обоснуйте способ создания эпитаксиальной сверхрешётки  $(\text{GaAs})_m(\text{AlAs})_n$ . Какие методы контроля толщины и состава слоёв можно использовать в данном случае? Обоснуйте выбор метода синтеза и исследования указанной сверхрешётки.

3. Предложите MO CVD процесс формирования эпитаксиальной плёнки GaAs на поверхности GaN. Оцените преимущества и недостатки метода MO CVD по сравнению с методом молекулярно-лучевой эпитаксии.

4. Предложите схему процесса синтеза и обоснованный метод аттестации одностенных углеродных нанотрубок.

5. Перечислите основные этапы процесса нанесения покрытий методом реактивного магнетронного распыления металлической мишени в атмосфере кислорода.

6. На примере изоэлектронного ряда C–BN–BeO–LiF охарактеризуйте изменение типа химической связи и кристаллической решётки.

7. Что можно сказать о тепло- и электропроводности двухкомпонентной системы, состоящей из элементов которые расположены слева от границы Цинтля

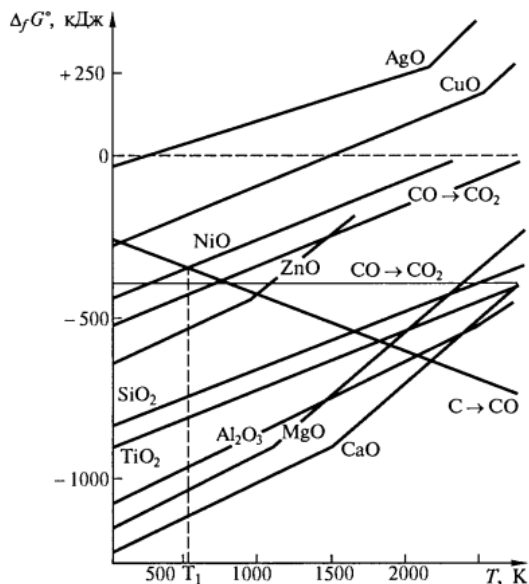
8. Какие свойства характерны для карбида кремния? В какой мере они обусловлены его кристаллохимическим строением?

9. Кремний и германий – важнейшие полупроводниковые вещества в современной технике. Германий – редкий и рассеянный элемент, а кремний – один из двух самых распространенных. С чем связан тот факт, что стоимость кремния как полупроводникового материала весьма высока и сопоставима со стоимостью германия?

10. Влажный сульфид алюминия  $\text{Al}_2\text{S}_3$  сильно пахнет сероводородом. Напишите уравнение соответствующей реакции и обсудите ее с точки зрения концепций кислот и оснований.

11. Используя приведённую ниже диаграмму Эллинхэма, определите, возможно ли восстановление хрома из его оксида металлическим алюминием?

12. Какова минимальная температура, при которой углерод может восстанавливать ZnO до металлического цинка? Какая суммарная реакция протекает при указанной температуре? Для ответа используйте приведённую ниже диаграмму Эллинхэма.



Пример диаграммы Эллингхэма для восстановления оксидов металлов

13. Чему равна минимальная температура восстановления MgO углеродом? Для ответа используйте приведённую диаграмму Эллингхэма.

#### Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

3) открытые задания (практико-ориентированные задания, средний уровень сложности):

• 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));

• 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из нескольких подзаданий, верно выполнено 50% таких подзаданий;

• 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (получен неправильный ответ, ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки).

**Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).**