

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

20.06.2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.02 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 функциональных материалов*

3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*

4. Форма обучения: *очная*

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

6. Составители программы: *Миттова Ирина Яковлевна, доктор химических наук, профессор; Сладкопевцев Борис Владимирович, кандидат химических наук*

7. Рекомендована: *Научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 24.05.2018*

8. Учебный год: *2018/2019*

Семестр(ы): *1*

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** Цели и задачи изучения данной дисциплины включают в себя рассмотрение следующих вопросов и достижение углубленного понимания актуальных аспектов современной неорганической химии, без которых невозможен целенаправленный синтез новых материалов: 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; общая картина и закономерности эволюции твердых веществ; особенности эволюции нанодисперсного вещества; прогностическая роль Периодического закона в целенаправленном синтезе новых функциональных материалов; основные подходы к исследованию различных неорганических объектов (объемные 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:** (блок Б1, базовая или вариативная часть, к которой относится дисциплина; требования к входным знаниям, умениям и навыкам; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей))

Блок Б1, вариативная часть.

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 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.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
<b>ПК-2</b>	Способность выработки новых теоретических подходов и принципов дизайна материалов и	знать: современные тенденции развития неорганической химии; основные закономерности и особенности изменения свойств элементов и их соединений в зависимости от их местоположения в

	наноматериалов с заданными свойствами, решение фундаментальных задач в области современного фундаментального материаловедения и нанотехнологий	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 свойствах синтезируемых материалов
<b>ПК-3</b>	Способность к разработке новых, оригинальных и высокоэффективных, технологий получения современных материалов, биоматериалов и наноматериалов	знать: основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами и методы их исследования уметь: использовать полученные знания для разработки методик синтеза перспективных функциональных материалов владеть: навыками проведения самостоятельного поиска и разработки методик синтеза материалов (в том числе наноматериалов) с заданными свойствами

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

**Форма промежуточной аттестации – экзамен.**

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		1 семестр	№ семестра	...
Аудиторные занятия	40	40		
в том числе: лекции	24	24		
практические	16	16		
лабораторные	–	–		
Самостоятельная работа	68	68		
Форма промежуточной аттестации (экзамен)	36	36		
Итого:	144	144		

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений	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. Простые вещества. Граница Цинтля и структуры простых веществ. Правило Юм-Розери. Закономерности и причины изменения физических и химических свойств простых веществ в ПС. Бинарные соединения, изoeлектронные ряды бинарных соединений. Соединения $A^{III}B^V$ , $A^{II}B^{VI}$ , $A^VB^{VII}$ как

		<p>«алмазоподобные» полупроводники. 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. 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. Целесообразность рассмотрения от группы 3 к 12 группе ПС.</p>
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>
1.3	Кислоты и основания	<p>Кислотность по Брёнстеду. Кислотно-основное равновесие в воде. Сильные и слабые кислоты и основания.</p> <p>Закономерности в изменении кислотности по Брёнстеду. Аквакислоты, гидроксокислоты и оксокислоты. Безводные оксиды. Образование полиоксо соединений.</p> <p>Кислотность по Льюису, примеры кислот и оснований.</p> <p>Кислоты элементов групп бора и углерода. Кислоты элементов групп азота и кислорода. Молекулы галогенов как кислоты Льюиса.</p>
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 кислородом.</p>
1.5	Образование, устойчивость и реакционная способность комплексных соединений	<p>Состав и строение комплексов. Номенклатура. Типичные лиганды. Изомерия и хиральность.</p> <p>Теория кристаллического поля и теория поля лигандов. Электронное строение четырёхкоординационных комплексов. Условия образования координационной связи в рамках ионной модели и представлений Льюиса.</p> <p>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>
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.</p> <p>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.</p>

		<p>Гомологические ряды оксидных соединений.  Низкоразмерные твердые тела. Цепочечные структуры: одномерная проводимость, Пайерлсовское искажение.  Двумерные проводники на примерах халькогенидов d-металлов типа <math>MX_2</math>, интеркаляты.  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>
1.7	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	Условия перехода вещества в нанодисперсное состояние; ограниченность времени пребывания вещества в наносостоянии; вариабельность наносистем; спонтанное упорядочение частиц; усложнение и деградация наносистем.
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 энергии системы (принцип А.Вейла); одинакового эффекта различных физико-химических воздействий; синергетического эффекта различных физико-химических воздействий; неравноценности объема и поверхности; метастабильного многообразия  Использование диаграмм Время - Температура – Превращение при создании материалов с контролируруемыми свойствами. Самосборка и самоорганизация.</p>
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений	<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>
2.2	Современные представления о химической связи в неорганической химии	<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.  Ван-дер-Ваальсово взаимодействие в молекулярных твердых телах, клатраты. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки.</p>
2.3	Кислоты и основания	<p>Классификация кислот и оснований Льюиса. Жёсткие и мягкие кислоты и основания.  Гетерогенные кислотно-основные реакции.</p>
2.4	Окисление и восстановление	Представление данных о потенциалах в виде диаграмм: диаграммы Латимера, Фроста, Пурбэ, их интерпретация.
2.5	Образование, устойчивость и реакционная способность комплексных соединений	<p>Особенности комплексообразования d-элементов.  Расщепление орбиталей в полях различной симметрии.  Факторы, влияющие на параметры расщепления, спектрохимический ряд лигандов (взаимосвязь</p>

		<p>орбитального строения лиганда с его положением в ряду).  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 способности.</p>
2.6	Введение в электронное строение твердого тела и общая картина эволюции твердых веществ	<p>Зонная структура твердого тела. Образование зон в результате перекрытия орбиталей. Характеристики зоны, плотность состояний. Металлы, диэлектрики.  Полупроводники: собственные и несобственные. Границы применимости зонной модели.</p>
2.7	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	<p>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.</p>
2.8	Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твердого тела	<p>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 плёнок. Вторичная ионная масс-спектрометрия: физико-химические основы и области применения. Рентгенофазовый анализ на малых углах в определении состава наноразмерных слоёв. 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.</p>
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.1		
3.2		

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений	2	2	–	6	10
2	Современные представления о химической связи в неорганической химии	4	2	–	10	16
3	Кислоты и основания	2	2	–	8	12
4	Окисление и восстановление	4	2	–	8	14
5	Образование, устойчивость и	4	2	–	12	18

	реакционная способность комплексных соединений					
6	Введение в электронное строение твердого тела и общая картина эволюции твердых веществ	2	2	–	6	10
7	Особенности эволюции нанодисперсного вещества	2	2	–	10	14
8	Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твердого тела	4	2	–	8	14
	Итого:	24	16	–	68	108

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

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

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.

#### 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	Суздальев И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздальев – 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-Петербурге : 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.

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) 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. Сладкопечев ; 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. Сладкопечев. – 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. Сладкопечев. – 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. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Мультимедийный проектор, ноутбук, экран

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-2	Знать: современные тенденции развития неорганической химии; основные закономерности и особенности изменения свойств элементов и их соединений в зависимости от их местоположения в Периодической системе	Все разделы	Устный опрос, рефераты, контрольные работы 1-4
	Уметь: прогнозировать свойства синтезируемых материалов и наноматериалов и осуществлять целенаправленный выбор метода их синтеза	Периодический закон и Периодическая система. Основные классы неорганических соединений Особенности эволюции нанодисперсного вещества Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твёрдого тела	Устный опрос
	Владеть: навыками научно обоснованного совместного использования данных различных физико-химических и расчетных методов исследования для получения максимально возможных качественных, прецизионных данных о свойствах синтезируемых материалов	Особенности эволюции нанодисперсного вещества Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твёрдого тела	Устный опрос
ПК-3	Знать: основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами и	Особенности эволюции	Устный опрос

	методы их исследования	нанодисперсного вещества Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твёрдого тела	
	Уметь: использовать полученные знания для разработки методик синтеза перспективных функциональных материалов	Особенности эволюции нанодисперсного вещества Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твёрдого тела	Устный опрос
	Владеть: навыками проведения самостоятельного поиска и разработки методик синтеза материалов (в том числе наноматериалов) с заданными свойствами	Особенности эволюции нанодисперсного вещества Основные подходы к синтезу материалов с целевыми свойствами. Современные методы исследования твёрдого тела	Устный опрос
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>КИМ</b>

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

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

### Пример:

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

- 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
<i>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</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Отлично</i>
<i>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</i>	<i>Базовый уровень</i>	<i>Хорошо</i>
<i>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен описать основные теории и современные представления неорганической химии, допускает грубые ошибки при ответе</i>	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Удовлетворительно</i>
<i>Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки</i>	–	<i>Неудовлетворительно</i>

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

#### 19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

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.

### 19.3.2 Перечень практических заданий

### 19.3.4 Тестовые задания

### 19.3.4 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  $CCl_4$  и  $SiCl_4$ ?

##### Вариант №4

1. Какую структуру имеет нитрид лития?
2. Охарактеризуйте сходство и различие  $Mg(OH)_2$  и  $Ba(OH)_2$ . 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  $A^{III}B^V$ ?
4. Какова структура  $CaTiO_3$ ? 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  $CO_2$ ? 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  $SiO_2$ ? Охарактеризуйте.

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

Вариант №1

1. Каково строение молекулы  $NH_3$ ? Иона аммония?
2. Как изменяется летучесть и термическая устойчивость диоксидов  $EO_2$  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  $XeF_2$ ? Применение.

Вариант №3

1. Какие модификации  $P_2O_5$  вам известны? Опишите их.
2. Как изменяется летучесть и термическая устойчивость диоксидов  $EO_2$  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  $Ne$ ? 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 IB группы? Какими свойствами они обладают?
2. Почему металлы подгруппы цинка являются связующим звеном между элементами IB группы и IIIA группы? Как это проявляется в химии элементов IIIB 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 IB 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 IB 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 IB 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  $CrO_3$ ,  $\alpha-MoO_3$ ,  $\alpha-WO_3$  наиболее низкая  $T_{пл}$  и почему?
3. Что Вам известно о  $MnO$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $Ni^{2+}$ ? Примеры.

#### Вариант №2

1. Охарактеризуйте семейство ванадия.
2. Какие комплексные соединения характерны для хрома?
3. Что Вам известно о  $MnO_2$ ?
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  $MoO_3$ ?

3. Охарактеризуйте комплексные соединения для  $Mn^{+2}$
4. Что Вам известно о  $Fe_2O_3$ ? Строение? Применение?

#### Вариант №4

1. Какие комплексные соединения V вам известны?
2. Какие структуры имеют  $CrO_3$ ,  $\alpha-MoO_3$ ,  $\alpha-WO_3$  ?
3. Что Вам известно о  $MnO_4^{2-}$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $Co^{3+}$ ? Примеры.

#### Вариант №5

1. У элементов какой группы: IVB или VB  $T_{пл}$  выше? Чем это обусловлено?
2. Как получают  $Cr_2O_3$ ? Какими свойствами он обладает?
3. Что вам известно о  $MnO$ ?
4. Охарактеризуйте элементы триады железа.

#### Вариант №6

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

#### Вариант №7

1. Какие комплексные соединения Nb вам известны?
2. У какого из оксидов  $CrO_3$ ,  $\alpha-MoO_3$ ,  $\alpha-WO_3$  наиболее низкая  $T_{пл}$  и почему?
3. Какие комплексные соединения вам известны для Mn?
4. Какие из элементов VIII B 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  $V_2O_5$ .
2. Какие комплексные соединения Вам известны для Cr?
3. Что Вам известно о  $MnO_4^{2-}$ ?
4. Какие комплексные соединения характерны для  $Co^{3+}$ ? Примеры.

#### Вариант №10

1. У элементов какой группы: IVB или VB  $T_{пл}$  выше? Чем это обусловлено?
2. Какие комплексные соединения характерны для Mo?
3. Что Вам известно о  $MnO_2$ ?
4. Какие степени окисления характерны для элементов триады железа? Какова их сравнительная устойчивость и как это объяснить?

### 19.3.5 Темы курсовых работ

#### 19.3.6 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

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

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

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа, рефераты); письменных работ (контрольные). Критерии оценивания приведены выше.

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

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.