

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет  
имени Коста Левановича Хетагурова»*



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Химия перспективных неорганических материалов»**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность (профиль)

**«ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ХИМИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И  
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Квалификация (степень)

**бакалавр**

Форма обучения-**очная**

Владикавказ 2020

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 04.03.01 Химия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.07.2017 г., N 671, учебным планом подготовки бакалавра по направлению 04.03.01 Химия, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» протокол № 9 от 30.04.2020 г.

Составитель: к.х.н., доцент О.В.Неелова

## 1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Курс	4
Семестр	7
Лекции	36
Практические (семинарские) занятия	-
Лабораторные занятия	54
Консультации	-
Итого контактных занятий	72
Самостоятельная работа	18
Курсовая работа	-
Форма контроля	
Экзамен	-
Зачет	+
Общее количество часов	108

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 ч.)

## 2. Цели и задачи дисциплины

Программа дисциплины «Химия перспективных неорганических материалов» включает основные понятия о классификации современных неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения; о принципах получения современных неорганических материалов и твердых покрытий; о способах управления физическими свойствами твердых неорганических материалов с помощью физико-химических и структурных факторов.

Объектами изучения являются: металлы, сплавы, химические соединения, полупроводники и диэлектрики, а также физические и физико-химические явления, сопровождающие процессы их получения, обработки и эксплуатации.

Методологическая концепция курса базируется на том, что регулярное строго периодическое кристаллическое строение является идеализированной схемой. Реальные кристаллы неизбежно содержат различного рода отклонения, за которыми укрепились представления как о дефектах, создающих структурное разупорядочение, определяющее характер

ионных процессов, физические свойства кристаллов и их эксплуатационные характеристики: механические, электрические, оптические и многие другие.

**Основной целью образования по дисциплине «Химия перспективных неорганических материалов»** в соответствии с профессиональными стандартами:

1. 01.001 Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 декабря 2013 г., регистрационный № 30550);
2. 26.006 Профессиональный стандарт «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2015 г. № 604н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации от 23 сентября 2015 г., регистрационный № 38984).
3. 40.011 Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 марта 2014 г. № 121н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 21 марта 2014 г., регистрационный № 31692).

**является** изучение теоретических основ химии перспективных неорганических веществ и материалов, способов их получения и применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- раскрыть роль кристаллохимии в описании физических и химических свойств различных твердых материалов;
- рассмотреть принципы протекания твердофазных реакций и способов получения различных твердых материалов и покрытий;
- дать основные представления о физических свойствах различных твердых материалов, особенностях их химической природы, структуры и применении.

### **3. Место дисциплины в структуре ОПОП**

**Б1.В.15.** Часть, формируемая участниками образовательных отношений, Блока 1.

Дисциплина «Химия перспективных неорганических материалов» относится к учебным дисциплинам части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы (далее — ОПОП) направления подготовки «Химия», квалификация (степень) – бакалавр.

Для успешного освоения данной дисциплины студент должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными дисциплинами ОПОП бакалавриата: «Математика», «Информатика», «Физика», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Коллоидная химия», в частности:

#### **Знать:**

1. Основные законы химии, химической термодинамики и химической кинетики.
2. Типы химической связи и типы кристаллических решеток в простых и сложных твердых телах.
3. Химические и физико-химические свойства основных классов органических и неорганических соединений.

4. Правила техники безопасности и работы в химической лаборатории и с физико-химической аппаратурой.
5. Основные законы физики, физические явления и закономерности.
6. Основы теории вероятности и математической статистики.
7. Основные представления о дисперсном состоянии вещества.

#### Уметь:

1. Работать с лабораторным оборудованием, приборами и химическими реактивами, проводить химические эксперименты и обрабатывать экспериментальные данные.
2. Применять информационные технологии для решения теоретических и экспериментальных задач.
3. Пользоваться современной научной, учебной и справочной литературой по химии и химической технологии и информационными технологиями.
4. Оформлять результаты экспериментальной работы в виде отчета.
5. Проводить элементарную статистическую обработку экспериментальных данных в химических экспериментах.

#### Владеть:

1. Навыками самостоятельной работы с учебной, научной и справочной литературой; вести поиск и делать обобщающие выводы.
2. Навыками безопасной работы в химической лаборатории и умения обращаться с химической посудой, реактивами, работать с газовыми горелками и электрическими приборами.
3. Основными приемами и техникой выполнения экспериментов, иметь навыки работы с физико-химическими приборами и установками.
4. Навыками проведения анализа физических и химических свойств веществ различной природы.
5. Базовыми технологиями преобразования информации, текстовыми и табличными редакторами, техникой работы в сети Интернет для профессиональной деятельности.
6. Навыками обработки результатов эксперимента и формулирования практических выводов.
7. Математической обработки текстовой и графической информации.

Дисциплина «Химия перспективных неорганических материалов» имеет логическую и содержательно-методическую взаимосвязь с последующими дисциплинами и практиками учебного плана, а именно: «Введение в химию твердого тела», «Строение вещества», «Физико-химический анализ неорганических материалов», «Научно-исследовательская работа», «Преддипломная практика».

При освоении данной дисциплины обучающийся сможет продемонстрировать (**частично**) следующие **обобщенные трудовые функции (ОТФ)** и **трудовые функции (ТФ)**:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции	
	Код	Наименование	Наименование	Код
01.001 Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6

общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»		организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования		
26.006 Профессиональный стандарт «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»	А	Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов	Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов	А/02.6
40.011. Профессиональный стандарт «Специалист по научно- исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	А	Проведение научно- исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы	Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований	А/01.5

#### 4. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины «Химия перспективных неорганических материалов» предполагает формирование у студента следующих компетенций и индикаторов их достижения:

##### 1. Профессиональные компетенции (ПК):

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский и технологический</b>	
<b>ПК-1.</b> Способен использовать знания о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, веществ и материалов для понимания механизма химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, а также естественнонаучные знания для решения задач профессиональной деятельности.	<b>ПК-1.1.</b> Использует знания о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, веществ и материалов для понимания механизма химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире; <b>ПК-1.2</b> Прогнозирует свойства химических соединений и материалов на основе данных об их свойствах и химическом строении; <b>ПК-1.3.</b> Использует современные теоретические представления химической науки и естественнонаучные знания в своей профессиональной деятельности
<b>ПК-2.</b> Способен применять современную аппаратуру при проведении научных исследований, а также современные теоретические представления химической науки для анализа экспериментальных данных	<b>ПК-2.1.</b> Владеет современными методами исследования химических соединений и материалов; <b>ПК-2.2.</b> Анализирует и интерпретирует результаты химического эксперимента на основе современных теоретических представлений химической науки

--	--

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- основные классы современных материалов, их свойства и области применения, принципы выбора материалов, основные технологические процессы производства и обработки материалов (ПК-1, ПК-2);
- закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах, влияние структурных характеристик на свойства материалов (ПК-1, ПК-2);
- структурные особенности твердых тел, связанные с наличием дефектных состояний (ПК-1, ПК-2);
- закономерности протекания твердофазных химических процессов и явлений переноса с участием дефектов (ПК-1, ПК-2);
- характер влияния дефектности на реакционную способность и физико-химические свойства твердых тел (ПК-1, ПК-2).

**уметь:**

- выбирать материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий (ПК-1, ПК-2);
- проводить физико-химический анализ процессов и материалов (ПК-1, ПК-2);
- использовать взаимосвязь свойств веществ и структуры для формирования эксплуатационных характеристик материалов (ПК-1, ПК-2);
- работать с установками и приборами физико-химического эксперимента, использовать методы и аппаратуру для анализа физико-химических характеристик (ПК-1, ПК-2).

**владеть:**

- основными физико-химическими методами исследования свойств и состава неорганических материалов (ПК-1, ПК-2);
- техникой проведения экспериментов и статистической обработкой экспериментальных данных (ПК-1, ПК-2);
- методами оценки основных параметров веществ с использованием физико-химических моделей (ПК-1, ПК-2);
- методами использования взаимосвязи физических свойств веществ с дефектной структурой для формирования заданных эксплуатационных характеристик современных материалов (ПК-1, ПК-2).

Общим средством контроля является введенная в университете балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов специалитета и направлений бакалавриата.

При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств. Для этого используется проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, а также материалы на основе результатов научных исследований, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей.

#### 4. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины

Таблица 5.1

Номер недели	Наименование тем, (вопросов), изучаемых по данной дисциплине	Занятия		Самостоятельная работа студентов		Формы контроля	Количество баллов		Литература
		Лекции	Лабораторные	Содержание	Часы		min	max	
1	Введение. Понятия: вещество и материал. Классификация неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения.	2	3	Экономические и технологические аспекты производства, эксплуатации и регенерации материалов.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]
2	Иерархия структуры материалов: молекулярная, кристаллическая и доменная структура, текстура, природа и структура важнейших дефектов.	2	3	Экологические аспекты производства, эксплуатации и регенерации материалов.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]
3	Препаративные методы химии твердого тела. Твердофазные реакции и факторы, влияющие на их протекание. Топотаксические и эпитаксиальные реакции.	2	3	Химическое осаждение пленок и покрытий из пара. Принципы CVD технологии.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]
4	Экспериментальное обеспечение твердофазных реакций. Способы приготовления реакционных смесей. Препаративные методы. Транспортные реакции. Реакции внедрения и ионного обмена.	2	3	Использование золь-гель процесса при получении пленок. Технология Ленгмюра–Блоджетт. Важнейшие физические методы получения пленок и покрытий.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]
5	Электрохимическое восстановление и нанесение покрытий. Анодное и термическое оксидирование. Катодное распыление. Испарение в	2	3	Нanomатериалы, особенность их свойств по сравнению с объемным состоянием вещества, реальные и	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]



	вакууме. Выращивание монокристаллов.			потенциальные области использования.					
6	Гидротермальные методы. "Сухие" методы высокого давления. Основные представления о механизмах роста пленок и покрытий. Эпитаксия, ее применение в технологии полупроводниковых гетероструктур. Поликристаллические покрытия.	2	3	Современные физико-химические процессы получения наноматериалов и ультрадисперсных материалов.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]
7	Ионная проводимость в твердых телах. Ионная проводимость и твердые электролиты. Типичные твердые электролиты и механизм проводимости.	2	3	Важнейшие области применения твердых электролитов.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	4	[1]-[7]
8	Галогенид - и кислородсодержащие ионные проводники. $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ , AgI и их производные.	2	3	Кристаллохимические критерии возникновения суперионного состояния твердых тел.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад	0	3	[1]-[7]
<b>9</b>	<b>1 РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>			Подготовка к 1 рубежной аттестации		Компьютерное тестирование	<b>0</b>	<b>25</b>	[1]-[7]
9	Высокотемпературные сверхпроводники. Критические параметры ВТСП, основные требования к ним. Методы изменения характеристик ВТСП-материалов.	2	3	Сверхпроводники, области их применения. Особенности кристаллохимии высокотемпературных сверхпроводников.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	2	[1]-[12]
10	Сегнето-, пиро - и пьезоэлектрики. Важнейшие классы диэлектриков, их основные характеристики. Сегнетоэлектрики, сегнетиэлектрики, особенности их структуры.	2	3	Использование сегнетоэлектрических материалов для хранения информации. Пироэлектрики и пьезоэлектрики.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	3	[1]-[12]

11	Люминесценция и лазеры. Виды люминесценции. Основные составляющие структуры люминофора. Типичные люминофоры, особенности их структуры. Ионы-активаторы.	2	3	Твердотельные лазеры и материалы для лазеров.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	2	[1]-[12]
12	Стеклообразные материалы, керамика и композиты. Кинетика и термодинамика процессов кристаллизации и стеклования. Реальная структура оксидных, фторидных, силикатных, боратных, фосфатных и халькогенидных стекол. Концентрационное расслоение стекол. Физико-химические принципы упрочнения стекол.	2	3	Химические основы технологии высокочистых стекол для оптоволокна. Стеклокерамика, свойства и области применения. Структура керамики. Керамические композиты. Ситаллы. Металлические стекла. Свойства материалов на основе металлических стекол. Фото - и термохромные стекла.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	3	[1]-[12]
13	Кристаллохимический дизайн. Основные факторы, определяющие структуру кристаллов неорганических соединений. Нестехиометрические оксиды. Структуры кристаллографического сдвига. Влияние нестехиометрии на состав, оптические, электрические и магнитные свойства веществ. Изо - и гетеровалентные замещения.	2	3	Условия образования, полиморфизм и политипия соединений, относящихся к структурным типам перовскита, ильменита, шпинели. Влияние термодинамических условий на структуру кристаллов. Дислокации, механические свойства и реакционная способность твердых тел.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	2	[1]-[12]
14	Наноструктуры, нанокompозиты и нанореакторы. Мезопористые структуры, СДГ, аэрогели. Материалы для микроэлектромеханических систем	2	3	Традиционные и современные технологии получения ультрадисперсных материалов.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	3	[1]-[12]

	(MEMS).								
15	Основные свойства диэлектриков. Важнейшие диэлектрические характеристики материалов. Кристаллические структуры основных диэлектрических материалов. Основные типы диэлектриков. Кристаллические структуры диэлектриков. Практическое применение диэлектриков.	2	3	Сегнето-, пьезо- и пирозлектрики на основе солей, сложных оксидов и оксогалогенидо, доменная структура и петля гистерезиса. Новые типы активных диэлектриков (сегнетоэлектрики-полупроводники, сегнетомагнетики.)	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	2	[1]-[12]
16	Важнейшие типы магнитомягких и магнитожестких материалов. Магнитные металлы и сплавы типа альнико, $\text{SmCo}_5$ и $\text{Fe-Nd-B}$ . Пути повышения магнитной энергии сплавов, связанные с применением термической, термомеханической или радиационной обработки. Кристаллическая структура ферромагнетиков.	2	3	Магнитодиэлектрики типа ферритов со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита. Материалы с коллосальным магнетосопротивлением (новые магнитоактивные композиты и материалы для магнитной записи, спинтроники). Устройства записи и хранения информации на основе сегнетоэлектриков и ферромагнетиков.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	3	[1]-[12]
17	<b>Катализаторы.</b> Основные требования, предъявляемые к гетерогенным катализаторам. Принципы создания материалов с высокой удельной поверхностью. Нанозернистые и мезопористые системы как носители вещества-катализатора.	2	3	Новые типы материалов для катализа, высокодисперсные оксиды металлов для каталитического горения, дожигания продуктов сгорания, халькогенидные кластеры для фотокатализа. Оксид титана в	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	3	[1]-[12]

	Керамические пены как носители, аэрогели, проблема устойчивости к спеканию.			фотодеградации. Иммобилизация ферментов. Цеолиты.					
18	<b>Биоматериалы.</b> Требования к материалам, используемым для протезирования. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани (биоинертная, пористая, биоактивная, ресорбируемая). Керамические материалы на основе $Al_2O_3$ и $ZrO_2$ , гидроксил- и фторапатита. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью.	2	3	Ферромагнитная и радиоактивная биокерамика для лечения злокачественных опухолей. Ультрадисперсные манганиты в термическом лечении раковых опухолей и транспорте лекарств. Керамика для протезирования зубов. Углеродная керамика для сердечного клапана. Материалы с эффектом памяти (нитинол). Углерод как материал имплантантов.	1	Конспект Устный опрос Собеседование Доклад Реферат	0	2	[1]-[12]
18	<b>2 РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>			Подготовка к 2 рубежной аттестации		Компьютерное тестирование	0	25	[1]-[12]
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>54</b>		<b>18</b>		<b>0</b>	<b>100</b>	

## 6. Образовательные технологии

Лекции, лекции-беседы, практические занятия, самостоятельная работа студентов (доклады, презентации).

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» используются различные образовательные технологии:

1. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на овладение большим запасом знаний, запоминание и свободное оперирование ими.

Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при подготовке к практическим занятиям, обеспечивающим возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

Используется анализ, сравнение методов исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной производственной ситуации и его практическая реализация.

3. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности проблемно мыслить, видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем безопасности жизнедеятельности на лекциях, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении поисковых работ, решение задач повышенной сложности. При этом используются первые три уровня (из четырех) сложности и самостоятельности: проблемное изложение учебного материала преподавателем; создание преподавателем проблемных ситуаций, а обучаемые вместе с ним включаются в их разрешение; преподаватель лишь создает проблемную ситуацию, а разрешают её обучаемые в ходе самостоятельной деятельности.

4. *Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при выполнении домашних индивидуальных заданий, решении олимпиадных задач, на еженедельных консультациях.

Инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе, основаны на использовании современных достижений науки и информационных технологий. Направлены на повышение качества подготовки путем развития у студентов творческих способностей и самостоятельности (методы проблемного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы, рейтинговые системы обучения и контроля знаний и др.). Нацелены на активизацию творческого потенциала и самостоятельности студентов и могут реализовываться на базе инновационных структур (научных лабораторий, центров, предприятий и организаций и др.).

В процессе обучения используются интерактивные методы обучения: творческие задания, разработка проектов, работа в малых группах, исследовательский метод обучения, деловые и ролевые игры, круглые столы, диспуты, семинары.

Традиционные лекции и лабораторные занятия проводятся в форме с использованием современных интерактивных технологий.

Лекция-диалог – содержание подается через серию вопросов, на которые студент должен отвечать непосредственно в ходе лекции.

Онлайн-семинар – разновидность веб-конференции, проведение онлайн-встреч или презентаций через Интернет в режиме реального времени. Каждый из участников находится у своего компьютера (средства связи), а связь между ними поддерживается через Интернет посредством загружаемого приложения, установленного на компьютере каждого участника

(Zoom, Meet, Skype и др.)

Видеоконференция – сеанс видеоконференцсвязи (ВКС) – это технология интерактивного взаимодействия двух и более участников образовательного процесса для обмена информацией в реальном режиме времени.

Технология электронного обучения (реализуется при помощи электронной образовательной среды СОГУ при использовании ресурсов ЭБС, при проведении автоматизированного тестирования и т. д.).

Используются балльно-рейтинговая система оценки знаний, технологии с применением дистанционного обучения на платформе «Moodle» <http://lms.nosu.ru/>.

#### **Примечания:**

1. Все виды учебной работы могут проводиться дистанционно на основании локальных нормативных актов.
2. В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по индивидуальной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины может осуществляться через индивидуальные консультации преподавателя очно, в часы консультаций, по электронной почте, а также с использованием Cisco Webex, платформы дистанционного обучения Moodle, личный кабинет студента на сайте СОГУ, других элементов ЭИОС СОГУ.

## **7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

### **7.1. Цели самостоятельной работы**

Самостоятельная работа обучающихся является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развития исследовательских умений.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется на протяжении изучения всей дисциплины в соответствии с утвержденной в учебном плане трудоемкостью (для очной формы обучения 18 часов) и состоит из:

- работы студентов с лекционными материалами, поиска и анализа литературных данных и электронных источников информации по заданной теме;
- выполнения заданий для самостоятельной работы в ЭИОС СОГУ;
- изучения теоретического материала для подготовки к практическим и лабораторным занятиям;
- подготовки докладов, реферата и презентаций;
- работы с тестами и вопросами для самопроверки;
- подготовки к рубежным аттестациям и зачету.

Темы и формы внеаудиторной самостоятельной работы, ее трудоёмкость содержатся в разделе 5, табл. 5.1.

Самостоятельная работа студентов должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на лабораторных практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д. Доклады и реферат должны сопровождаться презентацией по теме.

Для подготовки к занятиям студенты пользуются учебниками и учебными пособиями, указанными в списке рекомендованной литературы, а также интернет-источниками. Все методические материалы представлены в системе дистанционного обучения СОГУ на платформе Moodle (<http://lms.nosu.ru>).

## 7.2. Критерии формирования оценок при представлении реферата

1. Реферат соответствует предложенной теме, имеет вступление, основную часть и заключение – 3 б.
2. Тема раскрыта полностью, студент продемонстрировал способность анализировать разные точки зрения – 3 б.
3. Сообщение сделано с соблюдением норм современного русского литературного языка и с представлением презентации – 3 б.

Максимальное количество баллов – 9.

### Оценочный лист реферата

Схема оценивания доклада	
Оценка, балл	Описание
8-9	Во введении четко сформулирован тезис, соответствующий теме реферата, выполнена задача заинтересовать читателя; деление текста на введение, основную часть и заключение. В основной части: логично, связно и полно доказывается выдвинутый тезис; заключение содержит выводы, логично вытекающие из содержания основной части; для выражения своих мыслей не пользуется упрощённо-примитивным языком; демонстрирует полное понимание проблемы; представлена презентация к докладу; все требования, предъявляемые к заданию, выполнены.
6-7	Во введении четко сформулирован тезис, соответствующий теме реферата, в известной мере выполнена задача заинтересовать читателя; в основной части логично, связно, но недостаточно полно доказывается выдвинутый тезис; заключение содержит выводы, логично вытекающие из содержания основной части; представлена презентация к докладу; для выражения своих мыслей студент не пользуется упрощённо-примитивным языком.
4-5	Во введении тезис сформулирован нечетко или не вполне соответствует теме выступления; в основной части выдвинутый тезис доказывается недостаточно логично (убедительно) и последовательно; заключение выводы не полностью соответствуют содержанию

	основной части; представлена презентация к докладу, но имеются грамматические ошибки; язык работы в целом не соответствует уровню IV курса.
2-3	Во введении тезис сформулирован нечетко или не вполне соответствует теме реферата; в основной части выдвинутый тезис доказывается недостаточно логично (убедительно) и последовательно; в заключении выводы не полностью соответствуют содержанию основной части; язык работы в целом не соответствует уровню IV курса.
1	Во введении тезис отсутствует или не соответствует теме реферата; в основной части нет логичного последовательного раскрытия темы; выводы не вытекают из основной части; отсутствует деление текста на введение, основную часть и заключение; язык работы можно оценить как «примитивный».
0	работа написана не по теме; в работе один абзац и больше позаимствован из какого-либо источника.

### **Тематика докладов и рефератов**

1. Классификация функциональных неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения.
2. Структурная иерархия материалов. Физико-химические принципы конструирования новых материалов.
3. Особенности создания материалов на основе диссипативных структур.
4. Наноструктуры, нанокомпозиты и нанореакторы.
5. Фрактальные модели дисперсных и ультрадисперсных систем. Механические и физико-химические процессы диспергирования и смешения порошков.
6. Ультрадисперсные металлы с необычными функциями.
7. Новые технологии получения ультрадисперсных материалов, основанные на синергетике химического и физического воздействия.
8. Использование кластерных и ультрадисперсных материалов и нанокомпозитов.
9. Керамика. Виды функциональной керамики.
10. Керамические материалы с диэлектрическими, магнитными, оптическими, химическими и ядерными функциями.
11. Процессы формирования и спекания керамики. Перспективные керамические композиты.
12. Области применения керамических материалов.
13. Стеклообразные и аморфные материалы.
14. Термодинамика и кинетика процессов стеклования.
15. Структура силикатных, боратных и фосфатных стекол.
16. Аморфные металлы и металлические стекла.
17. Высокочистые стекла для световодов. Натрий-кальций-фосфатно-силикатное биостекло.
18. Фотохромные стекла. Прозрачная стеклокерамика. Фотонные кристаллы. Применение стекол.
19. Тонкие пленки и покрытия. Пленка как композит.
20. Взаимное влияние пленки и подложки. Условия осаждения и морфология пленки. Эпитаксия. Методы осаждения пленок.
21. Применение тонкопленочных материалов.
22. Синтетические кристаллы. Огранка кристаллов. Механизмы роста кристаллов. Методы получения кристаллов.
23. Проблема роста крупных кристаллов с малой плотностью дислокаций.



24. Новые поколения синтетических кристаллов на основе GaAs, GaN, SiC, и сверхпроводящих купратов. Вискеры.
25. Области применения монокристаллов.
26. Диэлектрические материалы. Важнейшие диэлектрические характеристики материалов.
27. Сегнето-, пьезо- и пирозлектрики. Сегнетоэлектрики-полупроводники, сегнетомагнетики.
28. Применение диэлектриков.
29. Магнитные материалы. Важнейшие типы магнитомягких и магнито жестких материалов.
30. Магнитные металлы и сплавы типа альнико,  $\text{SmCo}_5$  и Fe-Nd-B.
31. Пути повышения магнитной энергии сплавов, связанные с применением термической, термомеханической обработки.
32. Магнитодиэлектрики типа ферритов со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита.
33. Применение магнитных материалов.
34. Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП). Особенности кристаллохимии высокотемпературных сверхпроводников. Критические параметры ВТСП.
35. Методы получения объемных ВТСП материалов: твердофазный синтез, кристаллизация из перитектического расплава  $\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ , особенности их микроструктуры.
36. Методы получения длинномерных ВТСП-материалов: ленты и провода в серебряной оболочке.
37. Пути повышения критических характеристик ВТСП-материалов: оптимизация катионного состава и содержания кислорода, текстурирование путем термической и механической обработки, создание центров пиннинга.
38. Области применения ВТСП-материалов.
39. Материалы с ионной и электронной проводимостью. Критерии возникновения суперионного состояния твердых тел.
40. Важнейшие типы анионных и катионных проводников. Дисперсоиды. Композитные твердые электролиты. Электронно-ионные проводники.
41. Катодные материалы литиевых батарей. Протонные проводники.
42. Применение твердых электролитов в химических источниках тока, в сенсорных системах и гальванических цепях, предназначенных для изучения термодинамики твердофазных реакций, кислородных мембранах.
43. Полупроводниковые материалы. Основные типы полупроводниковых материалов и требования к ним.
44. Основные технологические процессы в полупроводниковой технике.
45. Полупроводниковые материалы с расширенными функциональными возможностями (термисторы, магнитные полупроводники, светоизлучающие элементы, материалы для полупроводниковых лазеров). Термоэлектрические явления.
46. Применение полупроводников.
47. Биоматериалы. Требования к материалам, используемым для протезирования.
48. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани (биоинертная, пористая, биоактивная, ресорбируемая).
49. Керамические материалы на основе  $\text{ZrO}_2$ , гидроксил- и фторапатита. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью. Керамика для протезирования зубов.

## **8. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, рубежной аттестации и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **8.1. Методика формирования результирующей оценки**

В учебно-методической карте дисциплины расписаны темы и количество баллов, которые студент может получить за каждую тему. Минимальное количество баллов, которое студент должен набрать в ходе изучения курса для сдачи экзамена, – 56; максимальное – 100. Баллы

складываются из следующих показателей: за регулярные выступления на семинарских занятиях, выполнение лабораторных работ и самостоятельную работу – до 25 баллов за каждый рубеж; за тестирование – до 25 баллов на каждой рубежной контрольной, до 50 баллов на устном ответе на экзамене.

### БАЛЛЬНАЯ СТРУКТУРА ОЦЕНКИ

№	Форма контроля	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
1	Текущая работа студентов в течение 1-8 недели, в т.ч. <ul style="list-style-type: none"> <li>• работа на лекциях</li> <li>• работа на лабораторных и практических занятиях (выступление с докладом, ответы на теоретические вопросы и др.)</li> <li>• самостоятельная работа (подготовка к семинарам, выполнение домашних заданий)</li> </ul>	0 0 0 0	25 6 9 10
2	1-я рубежная аттестация 9 неделя	0	25
3	Текущая работа студентов в течение 9-17 недели, в т.ч. <ul style="list-style-type: none"> <li>• работа на лекциях</li> <li>• работа на лабораторных и практических занятиях (выступление с докладом, ответы на теоретические вопросы и др.)</li> <li>• самостоятельная работа (подготовка к семинарам, выполнение домашних заданий)</li> <li>• подготовка и защита реферата</li> </ul>	0 0 0 0 0	25 6 5 5 9
4	2-я рубежная аттестация 18 неделя	0	25
	ИТОГО	0	100

### 8.2. ПАСПОРТ

фонда оценочных средств по дисциплине  
«Химия перспективных неорганических материалов»

№	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1.	Тема 1. Введение. Классификация неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
2.	Тема 2. Препаративные методы химии твердого тела.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3

3.	Тема 3. Современные физико-химические процессы получения наноматериалов и ультрадисперсных материалов.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
4.	Тема 4. Ионная проводимость в твердых телах.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
5.	Тема 5. Высокотемпературные сверхпроводники.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
6.	Тема 6. Важнейшие классы диэлектриков, их основные характеристики.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
7.	Тема 7. Люминесценция и лазеры. Виды люминесценции.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
8.	Тема 8. Стеклообразные материалы, керамика и композиты.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
9.	Тема 9. Кристаллохимический дизайн.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
10.	Тема 10. Наноструктуры, нанокompозиты и нанореакторы.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
11.	Тема 11. Основные свойства диэлектриков. Важнейшие диэлектрические характеристики материалов.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
12.	Тема 12. Магнитные металлы и сплавы.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
13.	Тема 13. <b>Катализаторы.</b> Основные требования, предъявляемые к гетерогенным катализаторам.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3
14.	Тема 14. Биоматериалы. Требования к материалам, используемым для протезирования.	ПК-1 ПК-2	К, УО, Сб, ТК, Д, Р, Пр, 3

**Форма оценочного средства:** проверка конспектов К, устный опрос УО, собеседование Сб, тестирование компьютерное ТК; доклад Д, реферат Р; презентация Пр; зачет З.

### 8.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 8.3.1. Критерии формирования оценок

Лабораторные и практические занятия призваны научить студента самостоятельно работать с учебными текстами, интернет-ресурсами, анализировать материал, самостоятельно делать выводы.

Целью лабораторных и практических занятий для студентов, приступающих к изучению курса, является:

- 1) знакомство с базовыми понятиями курса;
- 2) приобретение навыков анализа полученной на лекциях и самостоятельно найденной информации;
- 3) выработка умения самостоятельно и критически подходить к изучаемому материалу;
- 4) формирование навыков устного выступления и участия в дискуссиях;
- 5) формирование навыков выступления с научным докладом;
- 6) формирование навыков подготовки реферата и презентации;
- 7) формирование навыков работы с физико-химическими приборами и установками;
- 8) формирование навыков обработки результатов эксперимента и формулирования практических выводов.

**Критерии оценки:** Балльная структура оценки расписана в учебно-методической карте (таблица 5.1). Рубежная аттестация проводится в виде компьютерного тестирования. Каждый тест содержит 25 вопросов (каждый вопрос оценивается 1 баллом).

### **8.3.2. Типовые задания для лабораторных и практических занятий**

#### **ТЕМА № 1: Введение. Классификация неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения.**

1. Иерархия структуры материалов: молекулярная, кристаллическая и доменная структура, текстура, природа и структура важнейших дефектов.
2. Экономические, технологические и экологические аспекты производства, эксплуатации и регенерации материалов.
3. Что отличает кристаллические тела от аморфных?
4. В чем заключается различие между дальним и ближним порядком в твердых телах?
5. Какими величинами описывается кристаллическая решетка?
6. Что называется трансляционной (элементарной) ячейкой?
7. Какова природа металлической связи?
8. Сколько атомов приходится на элементарную ячейку в ПК, ОЦК и ГЦК решетках?
9. Какова природа ионной связи?
10. Назовите важнейшие типы кристаллических решеток ионных кристаллов.
11. Дайте сравнительную характеристику металлической и ионной связи.

#### **ТЕМА № 2: Препаративные методы химии твердого тела.**

1. Твердофазные реакции и факторы, влияющие на их протекание.
2. Топотаксические и эпитаксиальные реакции.
3. Экспериментальное обеспечение твердофазных реакций.
4. Способы приготовления реакционных смесей. Препаративные методы.
5. Транспортные реакции. Реакции внедрения и ионного обмена.
6. Каковы основные свойства ковалентных кристаллов и чем они объясняются?
7. Приведите примеры ковалентных кристаллов.
8. Какое значение имеет координационное число в структуре алмаза.
9. Охарактеризуйте структуры сфалерита и вюрцита.
10. В чем состоит сущность ванн-дер-ваальсовой химической связи? Приведите примеры кристаллических веществ с таким типом связи.

### **ТЕМА № 3: Современные физико-химические процессы получения наноматериалов и ультрадисперсных материалов.**

1. Электрохимическое восстановление и нанесение покрытий.
2. Анодное и термическое оксидирование.
3. Катодное распыление. Испарение в вакууме.
4. Выращивание монокристаллов. Гидротермальные методы.
5. "Сухие" методы высокого давления.
6. Основные представления о механизмах роста пленок и покрытий.
7. Эпитаксия, ее применение в технологии полупроводниковых гетероструктур.
8. Поликристаллические покрытия.
9. Химическое осаждение пленок и покрытий из пара.
10. Принципы CVD технологии.
11. Использование золь-гель процесса при получении пленок.
12. Технология Ленгмюра–Блоджетт.
13. Важнейшие физические методы получения пленок и покрытий.
14. Наноматериалы, особенность их свойств по сравнению с объемным состоянием вещества, реальные и потенциальные области использования.
15. Современные физико-химические процессы получения наноматериалов и ультрадисперсных материалов.

### **ТЕМА № 4: Ионная проводимость в твердых телах.**

1. Ионная проводимость и твердые электролиты.
2. Типичные твердые электролиты и механизм проводимости.
3. Галогенид - и кислородсодержащие ионные проводники.
4.  $\beta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AgI и их производные.
5. Кристаллохимические критерии возникновения суперионного состояния твердых тел. Важнейшие области применения твердых электролитов.
6. Перечислите и охарактеризуйте типы твердых растворов.
7. В чем заключаются различия изоморфизма I, II и III рода?
8. Что такое изовалентный и гетеровалентный изоморфизм?
9. Как проявляется нижний порог смешиваемости?
10. Какие вещества называют изоструктурными?
11. Что может быть причиной деформации решетки при образовании твердого раствора?
12. Сформулируйте правила Вегарда и Юм-Розери.
13. Сформулируйте правило аддитивности характера химической связи.
14. Какое положение лежит в основе энергетической теории изоморфизма?
15. В чем заключается основная задача энергетической теории изоморфизма?
16. Что объясняет основное уравнение энергетической теории изоморфизма?
17. Почему большое различие электроотрицательностей компонентов растворов приводит к уменьшению пределов изоморфной смешимости?

### **ТЕМА № 5: Высокотемпературные сверхпроводники.**

1. История открытия основных видов ВТСП.
2. Особенности кристаллохимии высокотемпературных сверхпроводников, полиэдрическое описание и локальная структура.
3. Особенности физических свойств.
4. Теории ВТСП. Критические параметры ВТСП, слабые связи, пиннинг.

5. Методы получения. Методы получения объемных ВТСП материалов: твердофазный синтез, кристаллизация из перитектического расплава  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  и Bi-содержащих ВТСП, особенности микроструктуры.
6. Методы получения тонких пленок, их структура и свойства.
7. Рост кристаллов, кристаллизация из перитектического распада.
8. Методы получения длинномерных ВТСП-материалов: ленты и провода в серебряной оболочке, пленки на битекстурированной металлической ленте.
9. Пути повышения критических характеристик ВТСП-материалов: оптимизация катионного состава и содержания кислорода, текстурирование путем термической и механической обработки, создание центров пиннинга.
10. Повышение пиннинга магнитного потока путем создания нано- и микронеоднородностей в матрице сверхпроводника, наноккомпозиты.
11. Экзотические сверхпроводники (органические сверхпроводники, НТСП).
12. Области применения ВТСП-материалов (устройство SQUID-магнитометра, томографа, поезда на магнитной подушке, антенн, логических элементов, промышленных длинномерных сверхпроводников, ограничителей предельно-допустимого тока, МГД-генераторов, трансформаторов).

#### **ТЕМА № 6: Важнейшие классы диэлектриков, их основные характеристики.**

1. Основные свойства диэлектриков.
2. Важнейшие диэлектрические характеристики материалов.
3. Кристаллические структуры основных диэлектрических материалов.
4. Основные типы диэлектриков.
5. Кристаллические структуры диэлектриков. Диэлектрики с нелинейными свойствами. Сегнето-, пьезо- и пироэлектрики на основе солей, сложных оксидов и оксогалогенидо, доменная структура и петля гистерезиса.
6. Новые типы активных диэлектриков (сегнетоэлектрики-полупроводники, сегнетомагнетики.) Практическое применение диэлектриков.
7. Устройства хранения информации на основе диэлектриков.
8. Сегнетоэлектрики, сегнетиэлектрики, особенности их структуры.
9. Использование сегнетоэлектрических материалов для хранения информации.
10. Пироэлектрики и пьезоэлектрики.

#### **ТЕМА № 7: Люминесценция и лазеры. Виды люминесценции.**

1. Виды люминесценции.
2. Основные составляющие структуры люминофора.
3. Типичные люминофоры, особенности их структуры.
4. Ионы-активаторы.
5. Твердотельные лазеры и материалы для лазеров.

#### **ТЕМА № 8: Стеклообразные материалы, керамика и композиты.**

1. Какова основная особенность строения некристаллических твердых тел?
2. Каковы основные модели строения некристаллических твердых тел?
3. Сформулируйте правила Захариасена.
4. Как формируется стеклообразное состояние?
5. Что называется стеклообразователем?
6. Дайте сравнительную характеристику свойств металлических, ионных и ковалентных кристаллов.
7. В чем состоит различие идеальных и реальных кристаллов?

8. Сравните разные типы веществ по электропроводности. В чем состоит причина различий?
9. Приведите примеры кристаллических твердых тел с различным типом связи и строением, охарактеризуйте их основные свойства.
10. Стеклообразные материалы, керамика и композиты.
11. Кинетика и термодинамика процессов кристаллизации и стеклования.
12. Реальная структура оксидных, фторидных, силикатных, боратных, фосфатных и халькогенидных стекол.
13. Концентрационное расслоение стекол.
14. Физико-химические принципы упрочнения стекол.
15. Химические основы технологии высокочистых стекол для оптоволокна.
16. Стеклокерамика, свойства и области применения.
17. Структура керамики. Керамические композиты. Ситаллы.
18. Металлические стекла. Свойства материалов на основе металлических стекол.
19. Фото - и термохромные стекла.
20. Использование стекол в технологии захоронения ядерных отходов.
21. Структура керамики. Описание, энергетические вклады поверхности, объема и пр.
22. Классификация керамических материалов.
23. Керамические материалы с диэлектрическими, магнитными, оптическими, химическими и ядерными функциями.
24. Художественная керамика.
25. Стадии получения керамики. Прессование. Методы спекания. Новые виды функциональной оксидной и бескислородной керамики как альтернативные материалы.
26. Шликерное литье, тонкая керамическая технология. Новые процессы в формировании и спекании керамики.
27. Пенокерамика. Трансформационное упрочнение. Перспективные керамические композиты.

## **ТЕМА № 9: Кристаллохимический дизайн.**

1. В чем состоит причина отклонения от стехиометрии состава твердых тел?
2. Что означает термин «дефекты нестехиометрического происхождения»?
3. Какие примеры дефектообразования в кристаллических соединениях при отклонении от стехиометрии вы можете привести?
4. С чем связана природа образования вакансий в кристаллах?
5. Какова связь дефектов типа вакансий с областью гомогенности диаграмм состояния бинарных соединений?
6. Как можно регулировать концентрацию дефектов нестехиометрического происхождения?
7. Охарактеризуйте влияние примесей на равновесие дефектов.
8. Какие примеси называются гетеровалентными?
9. Какие дефекты называются примесными?
10. Охарактеризуйте взаимосвязь дефектности и физических свойств твердого тела.
11. С чем связана природа образования вакансий в кристаллах?
12. Какие виды вакансий вы знаете и в чем их различия?
13. В чем состоит основное отличие образования вакансий в чистых металлах и в металлических фазах?
14. Какими факторами определяется соотношение дефектов разного типа в металлических кристаллах?
15. Какой эффективный заряд имеют точечные дефекты в металлах и интерметаллических соединениях?
16. Охарактеризуйте возможные механизмы образования вакансий в металлах.
17. Приведите примеры разупорядочения интерметаллических соединений.
18. В каких пределах может изменяться концентрация дефектов в нестехиометрических металлических фазах?

19. Можно ли регулировать концентрацию дефектов в нестехиометрических металлических фазах?
20. Что характеризуют «диаграммы Броуэра»?

#### **ТЕМА № 10: Наноструктуры, нанокомпозиты и нанореакторы.**

1. Образование новой фазы.
2. Зародышеобразование.
3. Спинодальный распад.
4. Кинетика роста зародышей.
5. Формирование ультрадисперсных систем.
6. Кластеры. Эволюция от молекул к материалам. Кластерные серии, условия стабилизации необычных степеней окисления, устойчивость и реакционная способность при изменении кратности связи, электрон-дефицитные соединения с многоцентровой связью металл-металл.
7. Конденсация кластерных фрагментов с образованием цепей, сеток. Наноструктуры, нанокомпозиты и нанореакторы.
8. Мезопористые структуры, СДГ, аэрогели.
9. Материалы для микроэлектромеханических систем (MEMS).
10. Традиционные и современные технологии получения ультрадисперсных материалов (методы химической гомогенизации, неравновесные методы, методы, основанные на синергетике химического и физического воздействия, механические и физико-химические процессы диспергирования и смешения порошков.)

#### **ТЕМА № 11: Полупроводники и их свойства. Полупроводники и светоизлучающие элементы.**

1. Основные типы полупроводниковых материалов.
2. Определения, зонная теория, химический состав, требования, исходя из практического применения, аморфные полупроводники.
3. Кристаллические структуры основных полупроводниковых материалов.
4. Термоэлектрические явления.
5. Принцип действия основных полупроводниковых устройств (диод, транзистор, фотоэлемент, СИЭ, лазер, преобразование солнечной энергии).
6. Полупроводниковые материалы с расширенными функциональными возможностями (термисторы, магнитные полупроводники, материалы для полупроводниковых лазеров, опто- и акустоэлектроники, OLED, TFT).
7. Основные технологические процессы в полупроводниковой технике.
8. Гетероструктуры и сверхрешетки. Квантовые точки и их самоорганизация.
9. Проблемы и тенденции в современной химии и технологии полупроводников. Фотонные кристаллы.
10. Какие полупроводники называются собственными?
11. Какие дефекты образуются в результате собственного разупорядочения в полупроводниках?
12. Какой физический смысл имеет константа собственной ионизации в полупроводниках?
13. Назовите типы основных носителей заряда в собственных полупроводниках.
14. Почему в полупроводниках предпочтительнее электронное разупорядочение?
15. Что означает термин «примесное разупорядочение» в полупроводниках?
16. Какие примеси называются донорными?
17. Какие примеси являются акцепторами?
18. Что означает понятие «температура истощения примесей»?
19. Охарактеризуйте зависимость концентрации носителей от температуры в полупроводниках.



20. Что означает термин «собственное атомное разупорядочение»?
21. Какие дефекты могут образовываться в результате собственного атомного разупорядочения в полупроводниках?
22. Почему в отличие от металлов дефекты в полупроводниках имеют электрический заряд?
23. Каковы определения дефектов-доноров и дефектов-акцепторов?
24. Каков механизм образования точечных дефектов в собственных полупроводниках?
25. Какие типы дефектов могут образовываться в полупроводниковых соединениях?
26. Какой компонент при ионизации играет роль донора в полупроводниковых соединениях?
27. Что означает понятие «условие электронейтральности»?
28. Напишите выражение для условия электронейтральности в собственном дефектном полупроводнике.
29. Напишите уравнение образования дефектов типа Шоттки для соединения МХ и соответствующее выражение закона действующих масс.

## **ТЕМА № 12: Магнитные металлы и сплавы.**

1. Элементы теории магнетизма. Доменная структура и петля гистерезиса (ферро, ферри-, антиферромагнетики).
2. Магнитные свойства твердых тел.
3. Классификация магнитных свойств твердых тел.
4. Диамагнетики и парамагнетики.
5. Важнейшие типы магнитомягких и магнито жестких материалов.
6. Магнитные металлы и сплавы типа альнико,  $\text{SmCo}_5$  и  $\text{Fe-Nd-B}$ .
7. Пути повышения магнитной энергии сплавов, связанные с применением термической, термомеханической или радиационной обработки.
8. Кристаллическая структура ферромагнетиков.
9. Магнитодиэлектрики типа ферритов со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита. Материалы с коллосальным магнетосопротивлением (новые магнитоактивные композиты и материалы для магнитной записи, спинтроники).
10. Устройства записи и хранения информации на основе сегнетоэлектриков и ферромагнетиков.
11. Ферро-, ферри- и антиферромагнетики.
12. Основные классы магнитных материалов, области их применения.
13. Особенности структуры оксидов переходных металлов, шпинелей, гранатов, ильменитов и перовскитов.

## **ТЕМА № 13: Катализаторы.**

1. Основные требования, предъявляемые к гетерогенным катализаторам.
2. Принципы создания материалов с высокой удельной поверхностью.
3. Нанозернистые и мезопористые системы как носители вещества-катализатора.
4. Керамические пены как носители, аэрогели, проблема устойчивости к спеканию.
5. Новые типы материалов для катализа, высокодисперсные оксиды металлов для каталитического горения, дожигания продуктов сгорания, халькогенидные кластеры для фотокатализа.
6. Оксид титана в фотодеградациии.
7. Иммобилизация ферментов.
8. Цеолиты.

## **ТЕМА № 14: Биоматериалы.**

1. Требования к материалам, используемым для протезирования.

2. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани (биоинертная, пористая, биоактивная, ресорбируемая).
3. Керамические материалы на основе  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$ , гидроксил- и фторапатита.
4. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью.
5. Ферромагнитная и радиоактивная биокерамика для лечения злокачественных опухолей.
6. Ультрадисперсные манганиты манганиты в термическом лечении раковых опухолей и транспорте лекарств.
7. Керамика для протезирования зубов.
8. Углеродная керамика для сердечного клапана.
9. Материалы с эффектом памяти (нитинол).
10. Углерод как материал имплантантов.
11. Биомиметика.

#### **8.4. Вопросы для проведения рубежного контроля знаний**

##### ***Вопросы к рубежной контрольной работе №1***

1. Понятия «Вещество» и «Материал». Роль материалов в жизни общества. Конструкционные и функциональные материалы.
2. Принципы создания новых твердофазных функциональных материалов.
3. Принципы классификации функциональных материалов (по составу, структуре, свойствам и областям применения, многофункциональные материалы).
4. Основные типы функциональных материалов.
5. Дефекты кристаллической структуры и реакционная способность твердых тел.
6. Фундаментальные физико-химические принципы создания новых твердофазных функциональных материалов.
7. Химическая связь и структура твердых тел. Типы и особенности химических связей в твердых телах.
8. Классификация твердых тел. Кристаллические и аморфные твердые тела. Связь структура – свойства в твердых телах.
9. Кристаллохимическая классификация твердых растворов.
10. Природа ионной и металлической связи.
11. Металлические и ионные кристаллы.
12. Ковалентные и молекулярные кристаллы.
13. Типы кристаллических решеток ионных кристаллов.
14. Кристаллы с водородным типом связи.
15. Аморфные вещества. Стекла. Строение и свойства стекол. Термодинамика и кинетика процессов стеклования.
16. Кристаллохимическая классификация твердых растворов.
17. Изоморфизм: типы и законы изоморфизма. Термодинамика изоморфизма.
18. Реальная структура твердого тела. Дефекты кристаллического строения. Виды протяженных дефектов.
19. Образование точечных дефектов. Теория кристаллов с дефектами. Разупорядочение кристаллических твердых тел по Френкелю и по Шоттки.
20. Влияние дефектной структуры на свойства многоэлементных соединений.
21. Физические методы исследования дефектов. Электронная микроскопия. Сканирующая микроскопия.
22. Классификация твердофазных функциональных материалов по составу: металлические, неметаллические и композиционные.
23. Свойства металлических функциональных материалов. Новые виды сплавов.
24. Материалы на основе высокомолекулярных соединений.
25. Неметаллические неорганические материалы, их классификация.

26. Каменное литьё, стекло, кварц, ситаллы, эмали, вяжущие материалы и их свойства и применение.
27. Керамические материалы, получение и физико-химические свойства.
28. Композиционные материалы, их особенности. Керметы.
29. Классификация материалов по структурному признаку. Кристаллические и аморфные тела, их свойства.
30. Монокристаллические материалы, их свойства, получение и применение. Примеры.
31. Пленочные материалы, методы их получения. Механизмы осаждения и роста тонких пленок.
32. Эпитаксия. Процессы получения эпитаксиальных и поликристаллических пленок.
33. Понятие о самособирающихся монослоях. Метод Лэнгмюра – Блоджетт и его использование. Примеры гетеро- и наноструктур и их использование в оптике, медицине, электронике.
34. Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии. Классификация наноматериалов.
35. Зародышеобразование в газовой фазе и конденсированных средах. Спинодальный распад.
36. Методы получения высокодисперсных порошков.
37. Химические методы синтеза – золь-гель метод, пиролиз аэрозолей, гидротермальная обработка, сверхкритическая сушка, криохимическая технология.
38. Классификация функциональных материалов по свойствам и функциям на примере керамических материалов.
39. Функциональные материалы с электрическими свойствами. Проводники, полупроводники и диэлектрики. Общая характеристика.
40. Высокотемпературные сверхпроводники. Критические параметры ВТСП, основные требования к ним.
41. Методы получения объемных и длинномерных ВТСП-материалов: ленты и провода в серебряной оболочке, пленки на битекстурированной металлической ленте.
42. Люминесценция и лазеры. Виды люминесценции. Основные составляющие структуры люминофора.

### ***Вопросы к рубежной контрольной работе №2***

1. Классические диэлектрики, их физико-химические свойства и применение.
2. Пьезо- и сегноэлектрики, их физико-химические свойства и применение.
3. Получение сегнето-, пьезо- и пьезоэлектриков на основе солей, оксидов и оксогоалогенидов.
4. Получение полупроводниковых материалов для термоэлектрических устройств, светоизлучающих элементов, лазеров, солнечных батарей.
5. Твердые электролиты с высокой ионной проводимостью, их применение.
6. Классические суперионники (AgI, глинозем, голландит и др.).
7. Важнейшие типы анионных и катионных проводников на основе галогенидов, халькогенидов, пниктогенидов и фосфатов.
8. Синтез электронно-ионных проводников. Дизайн катодных и анодных материалов литиевых батарей.
9. Создание мембранных и сенсорных систем на основе материалов с ионной и смешанной проводимостью.
10. Получение полупроводниковых материалов для термоэлектрических устройств, светоизлучающих элементов, лазеров, солнечных батарей.
11. Материалы с магнитными функциями, их классификация.
12. Ферриты, их физико-химические свойства и применение.
13. Ферро-, ферри-, антиферромагнетики. Магнитные наноматериалы. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера магнитной частицы.
14. Магнитоэлектрики типа ферритов со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита.
15. Петли гистерезиса ферромагнитных материалов. Коэрцитивная сила.
16. Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Магнитострикционные материалы. Области применения магнитных материалов.

17. Материалы с оптическими функциями. Светоизлучающие материалы. Оптоволокно.
18. Технологии получения оптоволокна и нелинейно - оптических кристаллов. Процессы формирования искусственных фотонных кристаллов.
19. Оптические свойства фотонных кристаллов и структур (с искусственными дефектами) на их основе.
20. Материалы с теплофизическими функциями. Огнеупорные материалы, их свойства и применение.
21. Материалы с химическими функциями. Газовые детекторы, химические сенсоры, керамические мембраны, каталитически активные материалы.
22. Катализаторы. Основные требования, предъявляемые к гетерогенным катализаторам. Принципы создания материалов с высокой удельной поверхностью.
23. Материалы с биологическими функциями.
24. Требования к материалам, используемым для биомедицинских целей. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани.
25. Примеры биологических наноструктур, встречающихся в живых организмах. Структура и получение керамических материалов на основе  $Al_2O_3$  и  $ZrO_2$ , гидроксилapatита.
26. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью.
27. Получение ультрамелкозернистых металлических сплавов для медицинских целей. Материалы с эффектом памяти (нитинол).
28. Протезирование суставов и костной ткани. Использование неорганических наноматериалов для диагностики, лечения и доставки лекарственных препаратов.
29. Основные методы препаративной химии твердого тела. Классификация методов синтеза твердых веществ и материалов.
30. Синтезы с использованием методов гомогенизации исходной смеси: измельчение, перемешивание.
31. Керамический синтез, его механизм, достоинства и недостатки.
32. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), его особенности и достоинства.
33. Синтез с использованием микроволнового нагрева.
34. Синтез с использованием ударного сжатия при взрыве.
35. Синтез с использованием химических методов гомогенизации исходной смеси: соосаждение солевых смесей, кристаллизация солевых твердых растворов, золь-гель метод, пиролиз аэрозолей, криохимические технологии.
36. Методы получения монокристаллов. Методы Бриджмена, Чохральского и Вернейля. Рост кристаллов из растворов.
37. Методы получения тонких пленок. Физические и химические методы осаждения на подложку.

### **Примеры тестовых заданий для контроля знаний, подготовки к рубежным аттестациям**

*Выберите один правильный ответ*

**Фундаментом современного материаловедения является**

агрегатное состояние  
физика и химия твердого тела  
межфазное взаимодействие  
природный фактор

**Химия твердого тела изучает**

свойства и превращения твердых химических индивидов  
химические превращения различных веществ  
свойства химических элементов

межмолекулярное взаимодействие между частицами

**Является ли каждый химический индивид материалом?**

да

нет

**Материал – это**

простые и сложные вещества

только твердые тела

жидкие и газообразные тела

вещества или их смеси, обладающие функциональными свойствами

**Свойства твердых тел определяются**

массой и количеством вещества

плотностью и дисперсностью

межчастичным взаимодействием и особенностями структуры

электропроводностью

**Какой особенностью обладают твердофазные реакции**

они развиваются только во времени

они развиваются только в пространстве

они развиваются и во времени и в пространстве

не развивается ни во времени, ни в пространстве

**Что изучает физика твердого тела**

природу взаимодействий

свойства превращений

создание новых материалов

физические свойства

**Сколько существует фундаментальных физико-химических принципов создания новых материалов**

3

7

5

11

**Материал – это**

вещество, обладающее свойствами, которые определяют то или иное практическое применение

вещество, состоящее из атомов разных химических элементов

высокомолекулярное соединение

наименьшая частица вещества, сохраняющая ее химические свойства

**Приоритетные направления в науке и технологии**

разработка новых материалов и химических технологий

исследования физико-химических свойств материалов

разработка новых производственных и энергосберегающих технологий

изучение состава материалов

исследование областей применения материалов

**На реакционную способность твердых тел влияют**

размеры частиц твердого тела  
плотность твердого тела  
состав твердого тела  
наличие дефектов кристаллической структуры

**При синтезе твердофазных материалов важную роль играет**

масса и электро перенос частиц  
размер частиц  
плотность твердой фазы  
достижение фазового равновесия

**Системный подход для решения проблем создания новых материалов заданными свойствами включает принципы**

принцип изучения только химических свойств компонентов  
принцип изучения только физических свойств компонентов  
принцип исследования энергетических и трудовых затрат  
фундаментальные физико-химические принципы и факторы определяющие минимум энергетических трудовых и материальных затрат

**Участки твердого тела характеризуются**

различной активностью частиц  
массой и количеством частиц  
одинаковой активностью  
характеризуются природой частиц

**Принцип периодичности при разработке новых материалов основан**

на правиле фаз Гиббса  
на законах Ньютона  
на законе Менделеева  
на законе Эйнштейна

**Принцип химического и структурного подобию при разработке новых материалов основан**

только на химических свойствах известных материалов  
только на физических свойствах известных материалов  
на сходстве структуры и технологических свойств известных материалов  
на сходстве структуры и физико-химических свойств известных материалов с подобными свойствами

**Твердые тела, у которых отсутствует кристаллическая структура, называются**

аморфные тела  
кристаллические тела  
металлические тела  
ковалентные тела

**Какой вид имеет аморфная структура вещества?**

правильной формы  
неправильной формы  
прямой формы  
угловой формы

**Твердое тело, имеющее фиксированную температуру плавления, в расположении частиц которого наблюдается дальний порядок, называется?**

сталь  
полимер  
кристалл  
поваренная соль

**Какое из нижеперечисленных свойств не присуще алмазу?**

необычайная твердость  
прозрачность  
не проводимость электрического тока  
электропроводность

**Чем определяются свойства кристаллических веществ?**

структурой кристаллической решетки  
нет определенной температуры плавления  
частицы непрерывно и беспорядочно колеблются  
при нагревании становятся текучими

**Твердофазными реакциями называются?**

любые реакции с участием твердых тел  
только те реакции, участники и продукты которых находятся в твердой фазе  
реакции газ-жидкость  
реакции твердое тело-жидкость

**Какие способы повышения реакционной способности не соответствуют твердым телам?**

легирование  
механическое активирование реагентов  
изменение условий термообработки  
воздействие электрического тока

**Скорость диффузии, и скорость непосредственно твердофазной реакции:**

уменьшается с увеличением давления  
увеличивается с понижением температуры  
увеличивается с ростом температуры  
уменьшается с ростом температуры

**Какие тела относятся к валентным кристаллам?**

мягкие  
жидкие  
твердые  
упругие

**За счет какой связи образована кристаллическая структура в аморфных телах?**

металлическая  
ионная  
ковалентная полярная  
ковалентная неполярная

**Типичными представителями кристаллов с ковалентной связью являются?**

графит  
алмаз  
вольфрам  
изумруд

кремний  
топаз

**Сколько видов симметрии кристаллов существует?**

43  
27  
18  
32  
24

**Какие соединения относятся к ионным?**

тугоплавкие  
с низкой температурой кипения  
мягкие  
неустойчивые

**Чем отличается ионная связь от ковалентной?**

прочностью  
направленностью  
плотностью  
насыщенностью

**Что служит причиной единства всех типов химических связей?**

физические свойства  
химические свойства  
физическая природа  
химическая природа

**Что входит в структуру минералов?**

природные примеси  
синтетические примеси  
химические примеси  
биологические примеси

**Сколько известно видов изоморфизма?**

4  
3  
2  
5

**Назовите виды изоморфного замещения?**

гомовалентное  
гетеровалентное  
изовалентное  
биовалентное

**Как может классифицироваться по степени совершенства изоморфизм?**

совершенный  
ограниченный  
неограниченный  
несовершенный  
поливалентный



**Какие виды покрытий бывают?**

антикоррозионное  
противовоспламеняющее  
технологическое  
декоративное

**Электронный газ – это?**

электронное облако, свободно перемещающееся внутри структуры  
инертное состояние  
охлажденный газ  
замороженная жидкость

**Кристаллическая решетка у щелочных металлов**

Объемно-центрическая кубическая  
простая  
сложная  
квадратная

**Дислокация это...**

точечный дефект  
линейный дефект  
плоский дефект  
не относится к типу дефектов

**Выберите элементы, которые обладают металлической связью**

натрий  
хлор  
магний  
сера  
фтор

**Полимеры состоят из**

хлорида натрия  
макромолекул  
ионов  
атомов и молекул

**Недостатки ВМС**

полимеризация  
охлаждение  
деструкция  
коррозия

**Связь между цинком и серой в кристаллической решетке вюрцита**

металлическая  
водородная  
ковалентная  
ионная

**Какой вид связи в аморфных телах?**

металлическая

ионная  
ковалентная полярная  
ковалентная неполярная

**Что служит причиной единства всех типов химических связей?**

физические свойства  
химические свойства  
физическая природа  
химическая природа

**Что представляет собой вюрцит?**

химический элемент, названный в честь ученого А. Вюрца  
минерал, в состав которого входит сульфид цинка  
материал, состоящий из оксидов металлов  
сплав цинка с медью

**Чему равно координационное число обоих атомов в решетке NaCl?**

6  
8  
15  
2

**В 1930-х г.г. Ленгмюром и Блоджетт был разработан метод**

получения золей и гелей  
синтеза катионных амфифилов  
синтеза анионных амфифилов  
формирования моно- и мультимолекулярных пленок

**По характеру распределения атомов в кристаллической решетке различают твердые растворы**

замещения  
внедрения  
вычитания  
все вышеперечисленные

**Фазы переменного состава, в которых атомы различных элементов расположены в общей кристаллической решетке, называются**

жидкими растворами  
сплавами  
атомными кристаллическими решетками  
твердыми растворами

**Выберите все возможные типы кристаллических решеток**

ионные, атомные, молекулярные  
атомные, ионные, металлические, молекулярные  
металлические, неметаллические, ионные  
катионные, анионные, ионные

**Выберите вещество с металлической связью**

серная кислота  
хлор  
цинк

хлорид натрия

**Металлическая связь – это**

связь между атомами, ионами или свободными электронами в общем кристалле металла  
связь между ионами  
связь между частицами в дисперсных системах  
связь между молекулами

**К проводникам 1-го рода не относятся:**

золото  
бронза  
латунь  
расплав NaCl

**Диэлектриком не является:**

алмаз  
графит  
эбонит  
резина

**Электропроводность – это**

количественная характеристика способности вещества проводить электрический ток  
суммарный электрический заряд  
суммарный электрический заряд всех частиц вещества  
качественная характеристика подвижности частиц вещества

**Единицей измерения электропроводности в системе СИ является:**

См (сименс)/м<sup>2</sup>  
Ом  
1/Ом  
В (вольт)  
А (ампер)

**К проводникам 2-го рода относятся:**

чугун  
расплав Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
раствор глюкозы  
раствор формиата натрия  
бронза

**Для создания материала необходимо знать:**

высокую электропроводимость исходных компонентов  
низкую температуру плавления  
заранее заданную полезную функцию  
совместимость различных компонентов

**Основой для неорганических функциональных материалов, являются:**

органические жидкие вещества  
неорганические твердые вещества  
органические твердые вещества  
неорганические простые вещества

## 8.5. Вопросы к зачету

1. Понятия «Вещество» и «Материал». Роль материалов в жизни общества. Конструкционные и функциональные материалы.
2. Принципы создания новых твердофазных функциональных материалов.
3. Принципы классификации функциональных материалов (по составу, структуре, свойствам и областям применения, многофункциональные материалы).
4. Основные типы функциональных материалов.
5. Дефекты кристаллической структуры и реакционная способность твердых тел.
6. Фундаментальные физико-химические принципы создания новых твердофазных функциональных материалов.
7. Химическая связь и структура твердых тел. Типы и особенности химических связей в твердых телах.
8. Классификация твердых тел. Кристаллические и аморфные твердые тела. Связь структура – свойства в твердых телах.
9. Кристаллохимическая классификация твердых растворов.
10. Природа ионной и металлической связи.
11. Металлические и ионные кристаллы.
12. Ковалентные и молекулярные кристаллы.
13. Типы кристаллических решеток ионных кристаллов.
14. Кристаллы с водородным типом связи.
15. Аморфные вещества. Стекла. Строение и свойства стекол. Термодинамика и кинетика процессов стеклования.
16. Кристаллохимическая классификация твердых растворов.
17. Изоморфизм: типы и законы изоморфизма. Термодинамика изоморфизма.
18. Реальная структура твердого тела. Дефекты кристаллического строения. Виды протяженных дефектов.
19. Образование точечных дефектов. Теория кристаллов с дефектами. Разупорядочение кристаллических твердых тел по Френкелю и по Шоттки.
20. Влияние дефектной структуры на свойства многоэлементных соединений.
21. Физические методы исследования дефектов. Электронная микроскопия. Сканирующая микроскопия.
22. Классификация твердофазных функциональных материалов по составу: металлические, неметаллические и композиционные.
23. Свойства металлических функциональных материалов. Новые виды сплавов.
24. Материалы на основе высокомолекулярных соединений.
25. Неметаллические неорганические материалы, их классификация.
26. Каменное литьё, стекло, кварц, ситаллы, эмали, вяжущие материалы и их свойства и применение.
27. Керамические материалы, получение и физико-химические свойства.
28. Композиционные материалы, их особенности. Керметы.
29. Классификация материалов по структурному признаку. Кристаллические и аморфные тела, их свойства.
30. Монокристаллические материалы, их свойства, получение и применение. Примеры.
31. Пленочные материалы, методы их получения. Механизмы осаждения и роста тонких пленок.
32. Эпитаксия. Процессы получения эпитаксиальных и поликристаллических пленок.
33. Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии. Классификация наноматериалов.
34. Зародышеобразование в газовой фазе и конденсированных средах. Спинодальный распад.
35. Понятие о самособирающихся монослоях. Метод Лэнгмюра – Блоджетт и его использование. Примеры гетеро- и наноструктур и их использование в оптике, медицине, электронике.
36. Методы получения высокодисперсных порошков.

37. Химические методы синтеза – золь-гель метод, пиролиз аэрозолей, гидротермальная обработка, сверхкритическая сушка, криохимическая технология.
38. Классификация функциональных материалов по свойствам и функциям на примере керамических материалов.
39. Функциональные материалы с электрическими свойствами. Проводники, полупроводники и диэлектрики.
40. Высокотемпературные сверхпроводники. Критические параметры ВТСП, основные требования к ним.
41. Методы получения объемных и длинномерных ВТСП-материалов: ленты и провода в серебряной оболочке, пленки на битекстурированной металлической ленте.
42. Люминесценция и лазеры. Виды люминесценции. Основные составляющие структуры люминофора.
43. Классические диэлектрики, их физико-химические свойства и применение.
44. Пьезо- и сегноэлектрики, их физико-химические свойства и применение.
45. Получение сегнето-, пьезо- и пьезоэлектриков на основе солей, оксидов и оксогалогенидов.
46. Получение полупроводниковых материалов для термоэлектрических устройств, светоизлучающих элементов, лазеров, солнечных батарей.
47. Твердые электролиты с высокой ионной проводимостью, их применение.
48. Классические суперионники ( $\text{AgI}$ , глинозем, голландит и др.).
49. Важнейшие типы анионных и катионных проводников на основе галогенидов, халькогенидов, пниктогенидов и фосфатов.
50. Синтез электронно-ионных проводников. Дизайн катодных и анодных материалов литиевых батарей.
51. Создание мембранных и сенсорных систем на основе материалов с ионной и смешанной проводимостью.
52. Получение полупроводниковых материалов для термоэлектрических устройств, светоизлучающих элементов, лазеров, солнечных батарей.
53. Материалы с магнитными функциями, их классификация.
54. Ферриты, их физико-химические свойства и применение.
55. Ферро-, ферри-, антиферромагнетики. Магнитные наноматериалы. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера магнитной частицы.
56. Магнитодиэлектрики типа ферритов со структурой шпинели, граната, магнетоплюмбита.
57. Петли гистерезиса ферромагнитных материалов. Коэрцитивная сила.
58. Магнитомягкие и магнито жесткие материалы. Магнито стрикционные материалы. Области применения магнитных материалов.
59. Материалы с оптическими функциями. Светоизлучающие материалы. Оптоволокно.
60. Технологии получения оптоволокна и нелинейно - оптических кристаллов. Процессы формирования искусственных фотонных кристаллов.
61. Оптические свойства фотонных кристаллов и структур (с искусственными дефектами) на их основе.
62. Материалы с теплофизическими функциями. Огнеупорные материалы, их свойства и применение.
63. Материалы с химическими функциями. Газовые детекторы, химические сенсоры, керамические мембраны, каталитически активные материалы.
64. Катализаторы. Основные требования, предъявляемые к гетерогенным катализаторам. Принципы создания материалов с высокой удельной поверхностью.
65. Материалы с биологическими функциями.
66. Требования к материалам, используемым для биомедицинских целей. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани.
67. Примеры биологических наноструктур, встречающихся в живых организмах. Структура и получение керамических материалов на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZrO}_2$ , гидроксилapatита.
68. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью.

69. Получение ультрамелкозернистых металлических сплавов для медицинских целей. Материалы с эффектом памяти (нитинол).
70. Протезирование суставов и костной ткани. Использование неорганических наноматериалов для диагностики, лечения и доставки лекарственных препаратов.
71. Основные методы препаративной химии твердого тела. Классификация методов синтеза твердых веществ и материалов.
72. Синтезы с использованием методов гомогенизации исходной смеси: измельчение, перемешивание.
73. Керамический синтез, его механизм, достоинства и недостатки.
74. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), его особенности и достоинства.
75. Синтез с использованием микроволнового нагрева.
76. Синтез с использованием ударного сжатия при взрыве.
77. Синтез с использованием химических методов гомогенизации исходной смеси: соосаждение солевых смесей, кристаллизация солевых твердых растворов, золь-гель метод, пиролиз аэрозолей, криохимические технологии.
78. Методы получения монокристаллов. Методы Бриджмена, Чохральского и Вернейля. Рост кристаллов из растворов.
79. Методы получения тонких пленок. Физические и химические методы осаждения на подложку.

**Образец билета к зачету по дисциплине  
«Химия перспективных неорганических материалов»**

Форма проведения зачета: устная

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова**  
**Кафедра общей и неорганической химии.**  
**Дисциплина «Химия перспективных неорганических материалов»**  
**Направление бакалавриата 04.03.01 Химия**  
**4 курс, 7 семестр**  
**ЗАЧЕТ**

**БИЛЕТ № 1**

1. Классификация функциональных неорганических материалов по составу, структуре, свойствам и областям применения.
2. Диэлектрики. Основные свойства диэлектриков. Важнейшие диэлектрические характеристики материалов.

Зав. кафедрой общей и  
неорганической химии

Д.Д. Симеониди

Доцент кафедры, к.х.н.

О.В. Неёлова

### Оценивание ответа студента на зачете

<i>Характеристика ответа</i>	<i>Баллы</i>
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.	46-50
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.	41-45
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя.	36-40
Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1–2 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.	31-35
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	26-30
Дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания студентом их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	21-25

Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.	1-20
Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины.	0

Результирующая оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов.

### Методика формирования результирующей оценки:

В ходе текущего и рубежного контроля студенты могут набрать 0-100 баллов:

**1-я рубежная аттестация - максимально 50 баллов, из них:**

От 0 до 25 баллов (рубежная аттестация) – компьютерное тестирование или письменная контрольная работа;

От 0 до 25 баллов (текущая оценка) – активная работа за данный период на лабораторных и практических занятиях.

**2-я рубежная аттестация – максимально 50 баллов, из них:**

От 0 до 25 баллов (рубежная аттестация) – компьютерное тестирование или письменная контрольная работа;

От 0 до 25 баллов (текущая оценка)– активная работа за данный период на лабораторных и практических занятиях.

Промежуточный контроль:

**Зачет или экзамен:**

За ответ на зачете или экзамене студент получает 0-50 баллов.

Студенты, получившие в ходе текущего и рубежного контроля 56-100 баллов, автоматически получают соответствующую экзаменационную оценку или зачет. Если студент не набирает 56 баллов для зачета (экзамена), или он хочет повысить свою оценку на экзамене, то он может сдавать зачет или экзамен в период экзаменационной сессии.

Результирующая оценка рассчитывается по соответствующей формуле с учетом текущей успеваемости, результатов рубежных аттестаций и устного ответа на экзамене или зачете.

### Шкала итоговой академической успеваемости студентов по дисциплине

Система оценок СОГУ		
Форма контроля	Сумма баллов	Оценка
Экзамен	86 - 100	отлично
	71-85	хорошо
	56-70	удовлетворительно
Зачёт	56-100	зачтено
	0-55	не зачтено



**Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования,  
описание шкал оценивания**

<b>Уровень сформированности компетенций</b>			
<b>«Минимальный уровень не достигнут» (менее 56 баллов)</b>	<b>«Минимальный уровень» (56-70 баллов)</b>	<b>«Средний уровень» (71-85 баллов)</b>	<b>«Высокий уровень» (86-100 баллов)</b>
<u>Компетенции не сформированы.</u>  Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы.	<u>Компетенции сформированы.</u>  Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	<u>Компетенции сформированы.</u>  Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	<u>Компетенции сформированы.</u>  Знания твердые, аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка
<b>Описание критериев оценивания</b>			
Обучающийся демонстрирует: - существенные пробелы в знаниях учебного материала; - допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; - непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий; - отсутствие умения выполнять практические задания, предусмотренные программой дисциплины; - отсутствие готовности (способности) к дискуссии и низкую степень контактности.	Обучающийся демонстрирует: - знания теоретического материала; - неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; - неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы; - недостаточное владение литературой, рекомендованной программой дисциплины; - умение без грубых ошибок решать практические задания, которые следует выполнить.	Обучающийся демонстрирует: - знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - твердые знания теоретического материала. - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; - правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы; - умение решать практические задания, которые следует выполнить;	Обучающийся демонстрирует: - глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; - полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий в рамках обсуждаемых заданий; - способность устанавливать и объяснять связь практики и теории; - логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания, а также дополнительные вопросы экзаменатора; - умение решать практические задания; - свободное

		- владение основной литературой, рекомендованной программой дисциплины; - наличие собственной обоснованной позиции по обсуждаемым вопросам. Возможны незначительные оговорки и неточности в раскрытии отдельных положений вопросов, присутствует неуверенность в ответах.	использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной основной и дополнительной литературы.
<b>Оценка «неудовлетворительно» / не зачтено</b>	<b>Оценка «удовлетворительно» / «зачтено»</b>	<b>Оценка «хорошо» / «зачтено»</b>	<b>Оценка «отлично» / «зачтено»</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Литература

#### а) Основная литература

1. Кнотько А.В. Химия твердого тела / А.В. Кнотько, И.А. Пресняков, Ю.Д. Третьяков. – М.: Издат. центр «Академия», 2006. – 304 с.
2. Третьяков Ю.Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов. М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 400 с.
3. Уваров Н.Ф. Химия твердого тела: учебное пособие / Н.Ф. Уваров, Ю.Г. Матейшина. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. - 108 с. - ISBN 978-5-7782-3831-2. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/367844/reading>
4. Вест А. Химия твердого тела. М.: Мир, 1988. – Ч.1. – 558 с. Ч.2. – 336 с.
5. Физико-химические основы создания активных материалов: учебник / М.Ф. Куприянов, Ю.В. Кабиров, А.Г. Рудская и др.; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2011. – 278 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241105>
6. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 416 с.

#### б) Дополнительная литература

7. Третьяков Ю.Д., Лепис Х. Химия и технология твердофазных материалов. М.: МГУ, 1985. – 253 с.
8. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела, т.1, 2. М.: Metallurgia, 1995. – Т.1. – 480 с. Т.2. – 320 с.
9. Фистуль В.И.. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы. М.: МИСИС, 1995. – 142 с.

10. Гусев, А.И. Нанокристаллические материалы / А.И. Гусев, А.А. Ремпель - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2000. - 224 с. - ISBN 5-9221-0075-0. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922100750.html>
11. Рамбиди, Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий. / Рамбиди Н.Г. , Берёзкин А. В. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 456 с. - ISBN 978-5-9221-0988-8. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109888.html>
12. Сергеев, Г.Б. Нанохимия / Сергеев Г.Б. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Московского государственного университета, 2007. - 336 с. - ISBN 978-5-211-05372-4. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211053724.html>

**в) современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы, электронные образовательные ресурсы**

Обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам (требуется регистрация в библиотеке СОГУ):

1. Электронная библиотека диссертации и авторефератов РГБ (ЭБД РГБ) (<https://dvs.rsl.ru>).
2. ЭБС «Университетская библиотека online» (<https://biblioclub.ru>).
3. ЭБС «Научная электронная библиотека eLibrary.ru» (<http://elibrary.ru>).
4. Универсальная баз данных East View (<https://dlib.eastview.com>). Логин: Khetagurov; Пароль: Khetagurov
5. ЭБС «Консультант студента». <http://www.studentlibrary.ru>
6. ЭБС «Юрайт» - образовательная среда, включающая виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по всем направлениям и специальностям ([www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru))
7. Информационно-правовой портал «Гарант» (<http://www.garant.ru/>).
8. Справочная правовая система Консультант Плюс (<http://www.consultant.ru/>).

**Состав лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

№ п/п	Наименование	№ договора (лицензия)
1.	Windows 7 Professional	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г.
2.	Office Standard 2016	№ 4100072800 Microsoft Products (MPSA) от 04.2016 г.
3.	Антивирусное программное обеспечение KasperskyTotalSecurity	№ 17Е0-180222-130819-587-185 от 26.02.2018 г. до 14.03.2019 г, продлена до 2021 г.
4.	Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»	Разработка СОГУ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015611829 от 06.02.2015 г. (бессрочно)
5.	Cisco Webex - Система проведения вебинаров.	ООО Айтекдоговор № Д83-2020 от 10.08.2020-10.08.2021 г.
6.	Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат.ВУЗ»	№ 795 от 26.12.2020 г. (действителен до 30.12.2021 г.) с ЗАО «Анти-Плагиат»

7.	Программное обеспечение для редактирования химических формул Isis Draw	Свободное программное обеспечение (бессрочно)
8.	Система тестирования Sunrav WEB Class	№ 468 от 03.12.2013 г. ИП Сунгатулин Р.Т. (бессрочно)

*г) рекомендуемые интернет - адреса:*

1. <http://www.xumuk.ru>
2. [www.chem.msu.net](http://www.chem.msu.net)
3. [www.hij.ru](http://www.hij.ru)
4. [http://www.fptl.ru/Chem\\_block.html](http://www.fptl.ru/Chem_block.html) – различные учебно-методические материалы по химии.
5. <http://chemistry-chemists.com/Uchebniki.html> - учебники, практикумы и справочники по химии.
6. Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс]: <http://www.nanoware.ru/>
7. Нанотехнологическое сообщество [Электронный ресурс]: [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru)
8. Интернет-журнал о нанотехнологиях. [Электронный ресурс]: <http://nanodigest.ru/>
9. Нанотехнологии. Научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: <http://nano-info.ru/>

# **10. Материально-техническое оснащение дисциплины**

**Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся:** преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, кафедра, классная доска.

**Оборудование:** мультимедийный комплекс (проектор, экран), ноутбук, колонки с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ.

**Программное обеспечение:** Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).

**Лаборатория общей, физической и коллоидной химии для проведения занятий семинарского типа, лабораторных занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, а также самостоятельной работы обучающихся:** преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, лабораторные столы, классная доска.

**Мультимедийное оборудование:** Мультимедийный проектор с экраном (Мультимедийный проектор OPTOMA projector DX32, с потолочным креплением и наб. кабелей – 1 шт. Компьютер д/комп. класса Pentium 4-506 Foxconn 915 GL7MH-S 512 Mb ОЗУ+/клавиат – 1шт.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; Система тестирования Sunrav WEB Class (Бессрочное ПО); Программное обеспечение для редактирования химических формул Isis Draw (Бессрочное ПО); Консультант плюс; Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»; Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»; Гарант; Cisco Webex; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).

**Лабораторное оборудование:** Вытяжной шкаф - 1 шт. Ионмер И-510 стандартный – 2 шт. Колориметр КФК-2МП – 1 шт. Калориметр КЛ-5 – 1шт. Рефрактометр ИРФ 454Б-2М с

подсветкой – 1 шт. Поляриметр круговой СМЗ – 1 шт. Кондуктометр МАРК-603/1 – 1 шт. Весы лабораторные CAS MW120 – 1 шт. Весы лабораторные прецизионные ЕТ-300П – 1 шт. Анализатор «Эксперт-001» – 1 шт. Термостат HUBER – 1 шт. рН-метр «Анион-4100» - 1 шт. рН-метр-милливольтметр рН-150 МИ - 1 шт. Весы AND HL - 1 шт. Весы WT-250 - 1 шт. Магнитная мешалка ПЭ-6110 - 1шт. Баня водяная - 1 шт. Микроскоп «Мир 2» - 1 шт. рН-метр рН-340 – 1 шт. Центрифуга ОПН -3 - 1 шт.

**Компьютерный класс для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы обучающихся:**

преподавательский стол, стул, столы и стулья для обучающихся, кафедра, классная доска.

**Оборудование:** Компьютеры для компьютерного класса в комплекте - с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ; источники бесперебойного питания, Ippon, коммутатор для класса D-Link DGS-10240, интерактивная доска 78\* (1702070/15112/11344/2+ проектор Beno MX503.

**Программное обеспечение:** Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; Система тестирования Sunrav WEB Class (Бессрочное ПО); Программное обеспечение для редактирования химических формул Isis Draw (Бессрочное ПО); Консультант плюс; Система поиска текстовых заимствований «Антиплагиат ВУЗ»; Программа для ЭВМ «Банк вопросов для контроля знаний»; Гарант; Cisco Webex; демонстрационные и учебно-наглядные пособия (видеопрезентация).

**Библиотека, в том числе читальный зал:** столы и стулья для обучающихся, компьютеры в комплекте с программным обеспечением, выходом в сеть Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду СОГУ.

**Программное обеспечение:** Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Office Standard 2016; 7-zip; WinRAR; Adobe Acrobat Reader; STDU Viewer; Mozilla Firefox; Google Chrome; Kaspersky Free; Консультант плюс; Гарант; Cisco Webex.

ЭБС «Университетская библиотека ONLINE» <https://biblioclub.ru>

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru>

ЭБС «Юрайт» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)