



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол №7 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Института электроэнергетики и  
электроники

Р.В.Ахметова

«30» мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.02.02.03 Наноматериалы и нанотехнологии

---

Направление  
подготовки

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Направленность  
(профиль)

Материалы и технологии электроники

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
МВТМ	Доцент, к.т.н.	Бунтин А.Е.
МВТМ	Доцент, к.х.н.	Янова О.Ю.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	МВТМ	19.04.2023	9	_____ Зав.каф., д.х.н., доц. Давлетбаев Р. С.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	№7	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	№9	_____ Директор, к.т.н., доц. Ахметова Р.В.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Наноматериалы и нанотехнологии» является формирование у студентов знаний о химических и физико-химических аспектах наноматериалов и нанотехнологий, их разнообразии и уникальных свойствах, технологиях получения и областях применения.

Задачами дисциплины являются:

- изучение комплекса основных понятий и принципов нанотехнологии и причин, обуславливающих изменение физических и химических свойств вещества в нанометровом диапазоне;
- изучение сущности нанотехнологических процессов производства изделий, область их применения;
- способность выбирать для конкретных условий рациональные наноматериалы;
- умение использовать нанотехнологии для изготовления определенных изделий с заданными свойствами.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 – Способен использовать на практике знания о структуре, свойствах, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур	ПК-1.1 – Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации
ПК-3 – Способен участвовать в совершенствовании процессов измерений параметров материалов	ПК-3.2 – Участвует в разработке технических заданий по модернизации оборудования и обеспечению новых методов измерений параметров наноматериалов и наноструктур

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. физика, химия, материаловедение, структура и свойства материалов электроники

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. наноэлектроника, методы исследования наноструктур и наноматериалов, производственная практика (научно-исследовательская работа)

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	7	252	252
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	113	113

АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,67	60	60
Лекции	0,39	14	14
Практические (семинарские) занятия	0,84	30	30
Лабораторные работы	0,44	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	5,33	192	192
Проработка учебного материала	2,33	84	84
Курсовой проект	2	72	72
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			КП

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	54	6	8	12	28	ТК1	ПК-1.1-3
Раздел 2	48	4	4	12	28	ТК2	ПК-1.1-3, У,Н
Раздел 3	42	4	4	6	28	ТК3	ПК-1.1-3, У,Н ПК-3.2-3, У,Н
Курсовой проект	72				72	ОМкп	ПК-1.1-3, У,Н ПК-3.2-3, У,Н
Экзамен	36				36	ОМ1	ПК-1.1-3, У,Н ПК-3.2-3, У,Н
<b>ИТОГО</b>	<b>252</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>192</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

#### Раздел 1. Наноматериалы

Тема 1.1. Введение. История вопроса и перспективы развития.

Проблемы, перспективы изучения и практического применения наноструктурированных систем. Основные современные направления применения наноматериалов. Проблемы терминологии, базовые определения, используемые для раскрытия специфики данного научного направления.

Тема 1.2. Введение к современному пониманию специфики структурной организации материи и материальных объектов на ее основе.

Общая характеристика структурных уровней организации вещественной материи микромира (частицы: элементарные, атомные, химические и т.д.). Особенности их состава, типа связи элементов их

составляющих (включая энергию, длину и т.д.) строения и свойств. Основные уровни системной классификации веществ, наноматериалов и материалов. Основные типы наноразмерных систем.

Тема 1.3. Физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов.

Специфика природы наноструктурированного состояния вещества. Общая характеристика коллоидно-дисперсных систем, как объектов наноструктурной организации вещества в коллоидной химии. Схема усложнения частиц вещественной материи, вплоть до их перехода в категорию материальных тел. Положение наноразмерного уровня организации вещества в системе Мироздания. Наноструктурированное вещество как метастабильное физико-химическое состояние, промежуточное между физическим атомарным и химическим (ковалентным, металлическим, ионным и т.д.). Общая характеристика многоуровневой организации структуры металлических и неметаллических материалов и их свойств. Положение наноструктурного уровня в системе многоуровневой организации материалов и характеристики, отличающие его от других уровней. Факторы, определяющие специфику структуры и свойств нанофаз, отличающих их от индивидуальных химических и физических - атомарных веществ и наноструктурированного состояния вещества в целом.

Металлические и полимерные конструкционные наноматериалы.

Тема 1.4. Металлические и неметаллические наноструктурированные материалы.

Углеродные наноструктуры (фуллерены и нанотрубки). Компактные наноструктурированные материалы: наноструктурированные кристаллы; разупорядоченные твердотельные структуры (наноструктурированные металлы, сплавы; нанокомпозиты; нанопористые материалы; наноструктурированные многослойные материалы). Порошковые наноматериалы. НМ на основе органических веществ (нанокристаллы; блок-сополимеров; супрамолекулярные структуры).

Тема 1.5. Микроструктура компактных нанокристаллических материалов.

Влияние размера зерен и границ на свойства компактных наноматериалов

Тема 1.6. Свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков. Физические свойства функциональных наноматериалов и наносистем.

Особенности зонной структуры проводников (металлов) и полупроводников в нанокристаллическом состоянии. Экситонные переходы в спектрах нанокристаллических полупроводников. Изменение ширины запрещенной зоны. Квантовые выходы люминесценции для ряда нанокристаллических полупроводниковых наноструктур. Модель «частица в потенциальном ящике» для наноструктур «ядро в оболочке».

Раздел 2. Нанотехнологии

Тема 2.1. Проблемы и способы получения наноматериалов

Способы получения наноструктурированных материалов. Компактирование порошков (метод Глейтера, прессование и спекание, электроразрядное спекание). Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния. Интенсивная пластическая деформация (равноканальное угловое прессование, деформация кручением в условиях высокого давления). Пленочные технологии (осаждение: химическое из газовой фазы (CVD), физическое из газовой фазы (PVD), золь-гель, электрическое, ионно-лучевая эпитаксия).

Тема 2.2. Методы синтеза нанокристаллических порошков

Тема 2.3. Получение компактных нанокристаллических материалов

Тема 2.4. Элементы наноэлектроники и нанофотоники (полупроводниковые транзисторы и лазеры, фотодетекторы, солнечные элементы, наносенсоры и др.). Молекулярные электронные устройства (переключатели и электронные схемы на молекулярном уровне). Устройства сверхплотной записи информации. Наноэлектромеханические устройства (актюаторы, трансдукторы, молекулярные- и наномоторы, нанороботы). Наноэнергетика. Топливные элементы и устройства для хранения энергии.

Раздел 3. Методы исследования и моделирования структуры и свойств наноразмерных систем

Микроскопические методы исследования. Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения. Зондовая сканирующая микроскопия (сканирующая туннельная, атомно-силовая, ближнепольная оптическая). Спектроскопические методы исследования. Мессбауэровская спектроскопия. Метод ядерного магнитного резонанса. Спектроскопия электронного и ионного проектора.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

1. Нанотехнология: термины и определения
2. Влияние дисперсности компонентов на фазовые и структурные превращения оксидных соединений
3. Получение нанодисперсии механической активацией и ультразвуковым методом.
4. Строение, свойства и получение наночастиц. Нульмерные наноматериалы
5. Получение, свойства и применение нанокомпозитов
6. Получение, свойства и применение наноматериалов. Технологии получения некоторых наноструктурных материалов.
7. Анализ удельной поверхности порошковых и пористых материалов адсорбционным методом БЭТ
8. Методы исследования наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии. Рентгеновский структурный анализ (РОД)
9. Функциональные наноматериалы
10. Конструкционные наноматериалы
11. Определение структуры и параметров нанокерамик методом сканирующей электронной микроскопии

12. Определение твердости и модуля упругости конструкционных наноструктурных материалов

13. Седиментационный анализ суспензий

14. Исследование рамановских спектров аморфного и нанокристаллического кремния и определение фазового состава материала

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

1. Определение энергетических параметров различных твердых материалов методом измерения краевого угла смачивания

2. Расчет зонной структуры нанотрубок методом линейной комбинации атомных орбиталей

3. Изучение роста фракталов по механизму «агрегация кластер – частица»

4. Моделирование двумерных перколяционных кластеров

### **3.6. Курсовой проект /курсовая работа**

1. Нанотехнологии при производстве современных интегральных схем и микропроцессоров.

2. Физические принципы работы магнитных носителей информации.

3. Современные технологии производства энергонезависимой флэш-памяти.

4. Композитные материалы для строительства

5. Нанопорошки

6. Нанотехнологии в электротехнике

7. Полимерные композиты как материал для машиностроения

8. Исследование свойств графена и углеродных нанотрубок при помощи метода молекулярной динамики

9. Расчет режима работы туннельных диодов для различных приложения в электронике

10. Исследование функциональных покрытий для новых материалов

## **4. Оценивание результатов обучения**

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно

			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.1	знать:				
		<p>микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов</p>	<p>Знает в полной мере микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов</p>	<p>Знает с неточностями микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов</p>	<p>Знает не в полной мере микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов</p>	<p>Не знает микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурированных веществ и материалов</p>
		уметь:				
		<p>осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований</p>	<p>С недочетами продемонстрированы все основные умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их</p>	<p>Продемонстрированы не в полной мере умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их</p>



			выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов	получения; по результатам исследования выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов	результатам исследования выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов	получения; по результатам исследования выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов	
		владеть:					
		навыками планирования и обработки результатов исследований; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	Без ошибок и недочетов продемонстрированы навыки планирования и обработки результатов исследований; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	С негрубыми ошибками и недочетами продемонстрированы навыки планирования и обработки результатов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	Имеется минимальный набор навыков планирования и обработки результатов исследований; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	При решении стандартных задач не продемонстрированы навыки планирования и обработки результатов исследований; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	
ПК-3	ПК-3.2	знать:	способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов, влияние структуры и	Знает в полной мере способы получения, методы исследования и свойства наноматериал	Знает с негрубыми ошибками способы получения, методы исследования и свойства	Знает не в полном объеме способы получения, методы исследования и свойства	Не знает способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов,

		внешних факторов на свойства наноматериалов	о в, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов
		уметь:				
		осуществлять измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Продемонстрированы все основные умения осуществлять измерения параметров наноматериалов и наноструктур	осуществлять измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Продемонстрированы все основные умения осуществлять измерения параметров наноматериалов и наноструктур	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения осуществлять измерения параметров наноматериалов и наноструктур
		владеть:				
		навыками использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	Без ошибок и недочетов продемонстрированы навыки использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	С негрубыми ошибками и недочетами продемонстрированы навыки использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	Имеется минимальный набор навыков использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	При решении стандартных задач не продемонстрированы навыки использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

1. Наноматериалы и нанотехнологии / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко; Под ред.: Пряхин Е. И.. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 372 с. — ISBN 978-5-507-46915-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/323648> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Лозовский, В. Н. Нанотехнологии в электронике. Введение в специальность: учебное пособие / В. Н. Лозовский, С. В. Лозовский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-3986-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206276> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Наноструктурные материалы: учебное пособие / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. - М.: Академия, 2005. - 192 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-2034-5. - Текст : непосредственный.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Объемные наноматериалы: учебное пособие / Г. М. Волков. - М. : Кнорус, 2020. - 168 с. - URL: <https://book.ru/book/934210>. - ISBN 978-5-406-00297-1. - Текст : электронный.

2. Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 240 с. — ISBN 978-5-9795-1731-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165058>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кирчанов, В. С. Наноматериалы и нанотехнологии : учебное пособие / В. С. Кирчанов. — Пермь : ПНИПУ, 2016. — 241 с. — ISBN 978-5-398-01617-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160880> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 5.2. Информационное обеспечение

#### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

- 1 Процессы получения наночастиц и наноматериалов [и https://openedu.ru/course/misis/NANOMAT/?session=spring\\_2023](https://openedu.ru/course/misis/NANOMAT/?session=spring_2023)
- 2 Строение вещества: от атомов молекул до материалов и наночастиц [и https://openedu.ru/course/spbu/CH-EM2/](https://openedu.ru/course/spbu/CH-EM2/)
- 3 Нанокompозиты для фотоники <https://openedu.ru/course/spbu/CH-EM2/>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | Nano   | <a href="http://nano.nature.com">nano.nature.com</a>                       |
| 2 | Платформа SpringerLink   | <a href="http://www.link.springer.com">www.link.springer.com</a>           |
| 3 | SpringerMaterials  | <a href="http://www.materials.springer.com">www.materials.springer.com</a> |
| 4 | КиберЛенинка   | <a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>            |
| 5 | База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier   | <a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>                  |
| 6 | Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters        | <a href="http://webofknowledge.com/">http://webofknowledge.com/</a>        |
| 7 | Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS)) | <a href="http://www.sciencemag.org/">http://www.sciencemag.org/</a>        |
| 8 | eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий  | <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>                |

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
2	nanoHUB	Программа для моделирования геометрию, электронные свойства и явления электрического переноса в различных наноструктурах	Свободная лицензия
3	Nanotube	Модельер нанотрубок	Свободная лицензия
4	Библиотека "SPSL"	Компьютерное моделирование решёточной перколяции при исследовании полимеризации и гелеобразования, композитных материалов, процессов массопереноса в пористых средах и т.п.	Свободная лицензия
5	"Фрактал" 1.0	ПО для рисования абстрактных картин по заданным математическим формулам.	Свободная лицензия

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Металловедения», А-217	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Доска аудиторная; мультимедийный экран; проектор; моноблок (15 шт.); биноклярный микроскоп; микроскринер; камера цифровая к биноклярному микроскопу; набор металлографических образцов, комплект плакатов: правила концентраций и отрезков, испытания на ударный изгиб, испытания на растяжение (3 шт.), диаграмма условных напряжений, измерение твердости по Роквеллу, измерение твёрдости по Бринеллю
	Учебная лаборатория «Материаловедения», А-210	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Лабораторный стол; электронагреватель СНОЛ-1; печь лабораторная ЭКПС; проектор, экран; комплекс «Мобильный менеджер»; металлографический микроскоп МИМ-7; микроскоп бинакулярный (5 шт.); отрезной станок; микроскоп металлографический; шлифовально-полировальный станок двухдисковый с прижимными кольцами; комплекты для выполнения лабораторных работ (2 шт.); стационарный твердомер по Роквеллу (2 шт.); комплект образцов (6 шт.)
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров,

		технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение
	Учебная аудитория для выполнения курсового проекта А-217	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, программное обеспечение: доска аудиторная; мультимедийный экран; проектор; моноблок (15 шт.);

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную

консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.





**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГЭУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.В.ДЭ.02.02.03 Наноматериалы и нанотехнологии**

---

г. Казань, 2023



## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-1	ПК-1.1	<p>знать:</p> <p>микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурованных веществ и материалов</p>	<p>Знает в полной мере микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурованных веществ и материалов</p>	<p>Знает с негрубыми ошибками микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурованных веществ и материалов</p>	<p>Знает не в полном объеме микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурованных веществ и материалов</p>	<p>Не знает микро- и наноструктуру различных типов материалов, основные уровни системной классификации веществ и наноматериалов, основные типы наноразмерных систем, физико-химические основы специфики природы и свойств наноструктурованных веществ и материалов</p>

		<b>уметь:</b>				
<p>осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов</p>	<p>Продемонстрированы все основные умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов</p>	<p>С недочетами продемонстрированы все основные умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов</p>	<p>Продемонстрированы в полном объеме умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения осуществлять выбор и назначать методы исследований структуры, свойств наноматериалов и технологии их получения; по результатам исследований выявлять фазовый состав, дефектность, морфологию, технологию получения и свойства наноматериалов</p>		
<b>владеть:</b>						
<p>навыками планирования и обработки результатов исследований; основами</p>	<p>Без ошибок и недочетов продемонстрированы навыки планирования</p>	<p>С негрубыми ошибками и недочетами продемонстрированы</p>	<p>Имеется минимальный набор навыков планирования и</p>	<p>При решении стандартных задач не продемонстрированы</p>		

		методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	и обработки результатов исследований; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	трированы навыки планирования и обработки результатов исследования; основами методов исследования; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	обработки результатов исследований; основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов	стрированы навыки планирования и обработки результатов исследований; основами методов исследования, диагностики и моделирования свойств наноматериалов
ПК-3	ПК-3.2	знать:				
		способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	Знает в полной мере способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	Знает с негрубыми ошибками способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	Знает не в полном объеме способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов	Не знает способы получения, методы исследования и свойства наноматериалов, влияние структуры и внешних факторов на свойства наноматериалов
		уметь:				
		осуществлять измерения параметров наноматериалов и наноструктур	Продемонстрированы все основные умения осуществлять измерения параметров наноматериалов	осуществлять измерения параметров наноструктур	Продемонстрированы не в полном объеме умения осуществлять измерения параметров	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные

			в и наноструктур	параметров наноматериалов и наноструктур	наноматериалов и наноструктур	умения осуществлять измерения параметров в наноматериалов и наноструктур
		владеть:				
		навыками использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	Без ошибок и недочетов продемонстрированы навыки использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	С негрубыми ошибками и недочетами продемонстрированы навыки использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	Имеется минимальный набор навыков использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки	При решении стандартных задач продемонстрированы навыки использования знаний о влиянии состава и структуры наноматериалов на их свойства при разработке и совершенствовании технологий их получения и обработки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение тестовых заданий; контрольной работы; защиту лабораторных работ в устно-письменной форме; выполнение курсового проекта и ответы на вопросы экзаменационного билета. При ответе на вопрос билета должно быть продемонстрировано прочное знания основных процессов изучаемой предметной области, глубина и полнота раскрытия темы (вопроса), владение терминологическим аппаратом, умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа;



Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение курсового проекта; контрольной работы; защиту лабораторных в устно-письменной форме и ответы на вопросы экзаменационного билета. Оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Допускается одна – две неточности в ответе.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение курсового проекта; контрольной работы; защиту лабораторных в устно-письменной форме и ответы на вопросы экзаменационного билета. Оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение тестовых заданий; практических заданий; контрольной работы; защиту лабораторных в устно-письменной форме и ответы на вопросы экзаменационного билета.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Опрос по разделам	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий

(темам)		темы/дисциплины
Контрольная работа (КнТР)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы	Темы рефератов
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы проектов

#### **4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

*Пример задания*

**Для текущего контроля ТК1 :**

Проверяемая компетенция: ПК-1 – Способен использовать на практике знания о структуре, свойствах, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур. ПК-1.1 – Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации

#### **Тест**

##### **Примеры тестовых заданий:**

1. Нанотехнология занимается объектами, размеры которых менее:

- 10-6 м
- 10-9 м
- 10-7 м
- 10-12 м

2. К наноматериалам относятся:

- фуллерены
- фуллериты
- нанотрубки
- нанокольца
- нанокристаллы
- наножидкости

3. Встречаются следующие фуллерены:

C24

C18

C36

C50

C60

C75

4. В узлах кристаллической решетки фуллеритов находятся:

атомы углерода

фуллерены

наночастицы

молекулы органических соединений

5. Наночастицы в форме “луковичных структур” – это:

катионы

анионы

онионы

плазмоны

графены

6. Эндофуллерены – это:

эндоэдральные комплексы, содержащие неуглеродный атом внутри фуллерена

эндоэдральные комплексы, содержащие неуглеродный атом снаружи фуллерена

ионизованные фуллерены

фуллереновые кластеры

7. Нанотрубки обладают следующими замечательными свойствами:

высокой пластичностью

высокой прочностью

высокой упругостью

высокой электропроводностью

высокой теплопроводностью

8. В молекулярных подшипниках используются:

фуллерены

нанотрубки

наночастицы

молекулы углеводородных соединений

9. Углеродные нанотрубки могут использоваться для создания:

нанопроволок

молекулярных насосов

нанодвигателей

наноаккумуляторов

наноразмерных транзисторов

10. Медицинское применение наноматериалов включает использование нанопленок:

для эндопротезов

нанороботов

эндофуллеренов

нанопроволок  
наноспиралей

11. Какими инструментами пользуются нанотехнологи?

туннельным микроскопом  
опытным микроскопом  
дрелью  
3d микроскопом

12. Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?

Дуговой  
Лазерно-термический  
Пиролитический  
Биотехнологический

13. Какой из микроскопов изобретён позже остальных?

Сканирующий силовой микроскоп  
Сканирующий туннельный микроскоп  
Растровый микроскоп  
Просвечивающий электронный микроскоп

14. Если поместить тонкий слой полупроводника с широкой запрещённой зоной между двумя полупроводниками с узкой запрещённой зоной, то получится:

Квантовая точка  
Квантовая яма  
Квантовый барьер  
Квантовая игла

15. Как называется самая высокая энергетическая зона в энергетическом спектре полупроводников?

Зона проводимости  
Запретная зона  
Валентная зона  
Квантовая зона

16. Какая величина не входит в уравнение Гиббса-Томсона?

Температура плавления  
Свободная поверхностная энергия  
Изменение теплосодержания  
Вязкость кристаллита

17. Что такое молекулярный ассемблер?

Мельчайшая частица атома  
Молекулярная машина, которая запрограммирована строить молекулярную структуру из более простых химических блоков  
Субклеточная частица  
Коллоидный ансамбль ПАВ

18. Какое свойство характерно для микроэмульсии?

Микроэмульсии прозрачные жидкости  
Микроэмульсии имеют тёмно-серый цвет

Микроэмульсии непрозрачные жидкости

Микроэмульсии являются хорошими проводниками электричества

19. Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?

Микроэмульсия

Мицеллы

Углеродные нанотрубки

Наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией

20. Что означает уравнение Гиббса-Томсона?

Взаимосвязь поверхности объекта и его объема

Взаимосвязь температуры плавления кристаллита и вязкости

Взаимосвязь изменения теплосодержания кристаллита и его состава

Взаимосвязь температуры плавления кристаллита и кривизны ограничивающей его поверхности

21. Помещая тонкий слой полупроводника с узкой запрещённой зоной между двумя слоями материала с более широкой запрещённой зоной, получают:

Квантовую точку

Квантовую яму

Квантовый барьер

Квантовую иглу

22. Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?

При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается

При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается

При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 100 нм

При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 100 нм

23. Что такое квантовая точка?

Квантовая точка представляет собой нанобъект одного материала находящийся на матрице из другого материала

Элементарная структура квантового излучения

Наноразмерный разрыв в электромагнитном излучении

Квант, находящийся в электромагнитном поле

24. Что такое CVD?

Испарение и осаждение в инертной среде

Испарение и осаждение в реакционной среде с получением новых соединений

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Электронный чип на основе квантовой точки

25. Что означает относящийся к созданию нанобъектов термин "Top down"?

Диспергирование, уменьшение размера объекта

Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул

Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта

Создание наноструктурированного слоя осадительными методами

26. Что такое размерный эффект в технологии наноматериалов?

Изменение свойств нанообъектов в зависимости от размера элементов их структуры

Изменение размера нанообъектов в зависимости от внешних условий

Изменение свойств нанообъектов в зависимости от внешних условий

Изменение размера нанообъектов в зависимости от состава

27. Что такое прекурсор?

Аппарат для получения наночастиц

Любое исходное вещество в химической реакции получения наночастиц

Исходное вещество, которое становится необходимой, существенной частью продукта

Вещество-катализатор при получении наночастиц

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе №1 «Определение энергетических параметров различных твердых материалов методом измерения краевого угла смачивания»**

1. Назовите и дайте определения основным энергетическим параметрам, характеризующим взаимодействие системы «газ – жидкость – твердое тело».

2. Раскройте понятие «смачивание». Какие виды смачивания бывают?

3. Что характеризует угол смачивания?

4. Что такое лиофильность? Что такое лиофобность?

6. Назовите преимущества метода «проекции капли» по сравнению с другими методами измерения краевого угла смачивания.

7. Назовите преимущества и недостатки модели границы раздела двух веществ.

8. В каких областях важную роль играют физико-химические процессы взаимодействия на границе раздела «жидкость – твердое тело»?

9. Как по значению угла смачивания можно характеризовать поверхность?

Выберите пример материала и объясните на данном примере.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе №2 «Расчет зонной структуры нанотрубок методом линейной комбинации атомных орбиталей»**

1. Объясните, что означают индексы (n, m) в обозначениях нанотрубок, какую информацию о нанотрубке из них можно извлечь?

2. Объясните общие идеи метода ЛКАО.

3. Нарисуйте общий вид зонной структуры для нанотрубок типа «кресло» и «зигзаг» с металлическим и полупроводниковым типами зонной структуры.

4. Какими программами возможно выполнить расчеты зонной структуры наноматериалов?

5. Опишите строение нанотрубок

6. Опишите свойства и области применения нанотрубок

7. Опишите технологию получения нанотрубок

8. Какие наноструктуры помимо нанотрубок Вы знаете?

9. Перечислите методы измерений параметров и моделирования наноматериалов и наноструктур.

**Для текущего контроля ТК2 :**

Проверяемая компетенция: ПК-1 – Способен использовать на практике

знания о структуре, свойствах, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур. ПК-1.1 – Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации; ПК-3 – Способен участвовать в совершенствовании процессов измерений параметров материалов; ПК-3.2 – Участвует в разработке технических заданий по модернизации оборудования и обеспечению новых методов измерений параметров наноматериалов и наноструктур.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе №3 «Изучение роста фракталов по механизму «агрегация кластер – частица»**

1. Дайте определение понятиям фрактал, фрактальная размерность, поверхностный и объемный фракталы.
2. Сформулируйте основные положения, допущения и ограничения в модели диффузионно-ограниченной агрегации (модели Виттена–Сэндера).
3. Как зависит фрактальная размерность от размерности пространства? Какие значения она может принимать?
4. Чем определяются физические нижний и верхний пределы ограничения физических фракталов?
5. В чем заключаются основные положения, допущения и ограничения модели кластер-кластерной агрегации?
6. Проанализируйте процесс одновременно протекающей кластер-кластерной агрегации и агрегации по механизму «частица–кластер».
7. Объясните, почему в компьютерном эксперименте не наблюдается замедление движения фрактальных агрегатов при росте их массы, несмотря на теоретически предсказываемое?
8. Объясните, какие процессы могут препятствовать возникновению стягивающего кластера в реальных системах?
9. Используя рекомендуемую литературу, поясните понятия скейлинга, самоподобия и самоаффинности.
10. Проиллюстрируйте принцип недифференцируемости на примере «парадокса Лебега».

### **Реферат (Рфр)**

#### **Перечень тем рефератов:**

1. Основные типы наноразмерных систем.
2. Углеродные наноструктуры (фуллерены и нанотрубки).
3. Порошковые наноматериалы.
4. Полупроводниковые и магнитные наноматериалы.
5. Объемные металлические наноматериалы.
6. Композиционные наноматериалы.
7. История развития методов синтеза наноматериалов.
8. Способы получения наноструктурированных материалов.
9. Наноэнергетика. Топливные элементы и устройства для хранения энергии.
10. Особенности появления наноэффекта в металлических и неметаллических (полимерных) веществах. Область изучения нанохимии и наноматериаловедения.
11. Неорганические волокна.
12. Пленки и покрытия.
13. Нанокерамика.
14. Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ).
15. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).

16. Растровая электронная микроскопия (РЭМ).
17. Аналитическая электронная микроскопия (АЭМ).
18. Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия (КЛСМ).
19. Нанометрология.
20. Организация исследований безопасности наноматериалов.

### **Контрольная работа (Кнтр)**

Вопросы и задания для контрольной работы

Примерный перечень вопросов:

- 1) Дайте определение понятию «наноматериалы».
- 2) Какие характеристики наноматериалов вы знаете?
- 3) Какие классификации наноматериалов вы знаете? Приведите основные классификации.
- 4) Дайте классификацию наноматериалов по форме и размерности.
- 5) Дайте классификацию наноматериалов по их природе.
- 6) В чем специфика фуллереновых структур? Какое применение фуллеренам вы знаете?
- 7) В чем особенность углеродных нанотрубок?
- 8) Приведите примеры полимерных наноматериалов.
- 9) Объемные металлические наноматериалы.
- 10). Композиционные наноматериалы.
- 11). История развития методов синтеза наноматериалов.
- 12) Способы получения наноструктурированных материалов.
- 13) Назовите основные методы получения наноматериалов.
- 14) Назовите методы получения нанопорошков.
- 15) На каком процессе основаны методы химического осаждения из паровой фазы?
- 16) На каком процессе основана технология осаждения из раствора?
- 17) Какой метод используется для получения оксидов металлов для керамики?
- 18) Какой метод используется для получения нанопорошков металлов?
- 19) Опишите метод термического испарения и осаждения из паровой фазы.
- 20) На каком процессе основан метод распыления расплава?

#### **Пример задач**

1. С использованием газовой адсорбции метода установили, что 5 г. порошка сложного оксида  $\text{Ba}_4\text{Ca}_2\text{Nb}_2\text{O}_{11}$  сорбирует при н. у. 0.0208 г аргона. Рассчитайте площадь удельной поверхности порошка, если известно, что 1 см  $\text{Ag}$ , адсорбированный в виде монослоя, при н. у. занимает площадь 4,73 м<sup>2</sup>. Оцените размер частиц порошка, предполагая, что частицы имеют шарообразную форму, а плотность вещества составляет 5,437 г/см<sup>3</sup>.

2. При каком минимальном  $n$  размер частицы  $\text{Fe}_n$  может попасть в нанодиапазон? Радиус атома железа – 132 пм. (пико = 10<sup>-12</sup>).

3. Частицы бентонита с дисперсностью  $D = 0,8$  мкм оседают в водной среде под действием силы тяжести. Определите время оседания  $\tau$  на расстояние  $h = 0,1$  м, если плотность бентонита  $\rho = 2,1$  г/см<sup>3</sup>, плотность среды  $\rho_0 = 1,1$  г/см<sup>3</sup>, вязкость среды  $\eta = 2 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

4. Оцените число атомов в наночастице золота диаметром 3 нм. Радиус атома  $\text{Au}$  составляет 0.144 нм.

5. Определите энергию Гиббса поверхности (GS) капель водяного тумана массой  $m = 4$  г при 293 К, если поверхностное натяжение воды  $\sigma = 72,7 \cdot 10^{-3}$  Д 2 плотность воды  $\rho = 0,998$  г/см<sup>3</sup>, дисперсность частиц  $D = 50$  л.

6. Рассчитайте  $\zeta$ -потенциал частиц кварцевого стекла, если скорость передвижения этих частиц в водном растворе  $\text{NaCl}$  равна 2,2 мкм/с при постоянной напряженности электрического поля 100 В/м. Вязкость раствора  $\text{NaCl}$   $1,14 \cdot 10^{-3}$  Па·с, относительная



диэлектрическая проницаемость 82, температура 298 К.

7. Оцените, какая доля (в %) атомов золота находится на поверхности наночастицы золота.

8. Сколько атомов углерода входит в состав наноалмаза диаметром 5.0 нм? Какой процент от общего объема алмаза занимают атомы углерода? Необходимая информация: ковалентный радиус атома углерода составляет 0.077 нм (половина длины связи C–C). Плотность алмаза 3.52 г/см<sup>3</sup>.

9. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 200 нм, а второго – 40 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?

10. Порошок диоксида титана имеет удельную поверхность 110 м<sup>2</sup>/г. Считая, что порошок состоит из сферических частиц одного и того же размера, рассчитайте их радиус. Сколько атомов титана и кислорода входят в состав одной наночастицы? Плотность TiO<sub>2</sub> равна 3.6 г/см<sup>3</sup>.

### **Для текущего контроля ТКЗ :**

Проверяемая компетенция: ПК-1 – Способен использовать на практике знания о структуре, свойствах, назначении и технологиях получения материалов, наноструктур. ПК-1.1 – Применяет знания о структуре, физико-химических свойствах, технологиях материалов и наноструктур при исследовании их параметров и модификации; ПК-3 – Способен участвовать в совершенствовании процессов измерений параметров материалов; ПК-3.2 – Участвует в разработке технических заданий по модернизации оборудования и обеспечению новых методов измерений параметров наноматериалов и наноструктур

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе №4 «Моделирование двумерных перколяционных кластеров»**

1. Дайте определение следующим понятиям: порог протекания; координационная сфера; перколяционный кластер.

2. Как влияет 1-я координационная сфера на значение порога протекания?

3. Почему размер  $\chi_{\text{ку}}$  инвариантен для заданной размерности пространства?

4. Почему для получения перколяционного кластера для модели перехода диэлектрик/металл (модель Мотта)  $\chi_{\text{ку}}$  берется постоянным?

5. В каких единицах измеряется концентрация в двумерном пространстве? В трехмерном?

6. Приведите примеры перколяционных систем в материаловедении микроэлектроники.

### **Опрос по разделам (темам)**

1. Укажите диапазон нанобъектов?

2. Что является предметом изучения нанотехнологии?

3. Что обозначает термин «наноматериал»?

4. Что обозначает термин «нанобъект»?

5. Что обозначает понятие «наноструктура»?

6. Какой материал считается наноструктурированным?

7. Какой наноматериал считается техническим?

8. Какой наноматериал считается промышленным?

9. Какой наноматериал считается побочным?

10. Какое производство считается нанотехнологическим?

11. Какой эффект считается наноразмерным?
12. Какое свойство считается наноразмерным?
13. Какая продукция считается нанотехнологической?
14. Какая продукция считается наноулучшенной?
15. Какое прикладное значение имеет изучение наносостояние?
16. Что понимают под термином «наночастица» и «нанокластер»?
17. Объясните принцип работы сканирующего туннельного микроскопа.
18. Назовите области практического применения нанотехнологии.

1. В каких установках проводят механическую активацию и диспергирование материала?

2. В чем положительная сторона механического диспергирования?
3. С чем связан недостаток механического диспергирования?
4. Какие процессы связаны с механическим диспергированием?
5. В чем проявляется особенность нанопорошков в процессе их получения диспергированием?
6. Какими методами можно направленно изменить характеристики нанопорошков?
7. Какое воздействие оказывает ультразвук на материал?
8. В чем основная проблема компактирования нанопорошка?
9. На чем основан метод сухого компактирования порошков?
10. Что понимают под ультразвуковым диспергированием?
11. В каких областях техники применяют ультразвук?
12. Какие процессы в структуре материала вызывают ультразвуковые волны?
13. Какой процесс называют кавитацией?
14. Какой особенностью обладает наноструктурное состояние?
15. Какие эффекты в нанопорошках при компактировании вызывают ультразвуковые волны УВ?
16. Какие формы дисперсий вызывают УВ в жидкой среде?
17. Что понимают под суспензией и эмульсией?

1. Какие наноматериалы относятся к нульмерным?
2. Чем отличаются наночастицы от коллоидов?
3. Чем можно определить кристалличность наноматериалов?
4. Что понимают под квантовой точкой?
5. Почему из цеолитов можно получить наноструктуру?
6. Что представляет собой фуллерен?
7. В чем заключается принцип получения фуллерена?
8. Почему азофуллерен более устойчив?
9. В чем заключается принцип получения наночастиц металлов?
10. В чем сущность технологии самосборки при получении наночастиц?
11. В чем особенность одномерных наноструктур?
12. Приведите примеры одномерных наноструктур.
13. Нанотрубки – виды, их структура и свойства.
14. Нанопроволока – структура и свойства.
15. Наностержень – структура и свойства.
16. Нанокристалл - структура и свойства.
17. Графен – понятие, структура и свойства.
18. Пример объемного наноструктурированного материала.
19. Нанопленки – методы получения.

1. Назовите основные методы получения наноматериалов.
2. Назовите методы получения нанопорошков.

3. На каком процессе основаны методы химического осаждения из паровой фазы?
4. На каком процессе основана технология осаждения из раствора?
5. Какой метод используется для получения оксидов металлов для керамики?
6. Какой метод используется для получения нанопорошков металлов?
7. Опишите метод термического испарения и осаждения из паровой фазы.
8. На каком процессе основан метод распыления расплава?
9. Опишите метод противоточного размола в псевдооживленном слое .
10. На каких процессах основан метод компактирования?
11. Что представляют собой аморфные металлические сплавы и как их получают?
12. Опишите метод интенсивной пластической деформации.
13. Приведите примеры методов с использованием технологии обработки поверхности.

14. Объясните принцип работы установки метода катодного распыления.
15. Перечислите основные области применения наноматериалов.

1. Какую информацию можно получить, используя метод БЭТ?
2. Что обозначают термины «адсорбция, абсорбция и адсорбтив»?
3. Что включает понятие адсорбционные силы?
4. Какие виды адсорбции бывают?
5. Что показывает изотерма адсорбции?
6. Какие виды пор бывают?
7. Какой вид адсорбции описывает теория Лангмюра и БЭТ ?

1. Что определяют методом рентгеновского структурного анализа?
2. По какой формуле рассчитываются параметры кристаллической решетки?
3. Какие факторы определяют ширину рентгеновских линий?
4. По виду рентгенограмм можно ли сделать вывод о особенностях технологии получения материала?

1. Назовите основные типы функциональных материалов.
2. Что такое углеродные нанотрубки?
3. Назовите наиболее стабильную форму фуллерена.
4. Какие кристаллы называют фононными?
5. Какие структуры называют гетероструктурами?
6. Главная особенность гетероструктур.
7. Какими детекторами оснащают сканирующие электронные микроскопы?
8. В результате чего возникает характеристическое рентгеновское излучение?

1. Что такое конструкционный наноматериал?
2. Назовите виды наноматериалов.
3. Какие методы получения наноструктурных материалов вы знаете?
4. Какие существуют методы горячего прессования?
5. В чем заключается закон Холла — Петча?
6. Назовите методы получения нанопорошков.
7. Что такое интенсивная пластическая деформация?
8. Дайте определение интерметаллидам.
9. Какие Вы знаете методы нанесения нанопокровов?
10. Что такое кристаллизация из аморфных сплавов?
11. Дайте определение композиционным материалам.

### **Перечень тем для курсового проекта**

1. Нанотехнологии при производстве современных интегральных схем и микропроцессоров.
2. Физические принципы работы магнитных носителей информации.
3. Современные технологии производства энергонезависимой флэш-памяти.
4. Композитные материалы для строительства
5. Нанопорошки
6. Нанотехнологии в электротехнике
7. Полимерные композиты как материал для машиностроения
8. Исследование свойств графена и углеродных нанотрубок при помощи метода молекулярной динамики
9. Расчет режима работы туннельных диодов для различных приложения в электронике
10. Исследование функциональных покрытий для новых материалов

### **Перечень экзаменационных вопросов**

1. Общие понятия нанотехнологий, история развития нанотехнологий, технологические принципы «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Место нанотехнологий в науке и технике.
2. Изменение физико-химических свойств вещества при масштабировании размеров от макро- к микро- и нано-. Классификация объектов наномира. Причины отличий физико-химических свойств наночастиц и компактного вещества.
3. Современные методы исследования строения и химической природы веществ. Инструментальные методы сканирующей зондовой микроскопии и их роль в создании нанотехнологий. Управляемое манипулирование нанообъектами. Основные методы и приемы манипулирования нанообъектами
4. Место и роль нанотехнологий в современном мире. Успехи и достижения последнего десятилетия. Национальная нанотехнологическая программа: основные направления развития и ожидаемые эффекты.
5. Наноструктурированные материалы и факторы определяющие их свойства. Нанопорошки (виды нанопорошков, методы их получения, свойства и применение).
6. Особая роль углерода в наномире. Нанопористый углерод, получение углеродных наноструктур, тонкие пленки, гетероструктуры, низкоразмерные системы, графен, фуллерены, фуллериты и нанотрубки.
7. Полимерные нанокомпозиты (виды нанокомпозитов, методы их получения, свойства и применение), «умные» наноматериалы, конструкционные материалы, органические и биоорганические наноструктуры.
8. Химические методы получения наночастиц. Методы химического восстановления. Метод проведения реакций в дендримерах. Метод радиационно-химического восстановления. Метод фотохимического синтеза.

9. Физические и химические методы получения наночастиц.
10. Диспергационные и конденсационные методы получения наночастиц.
11. Получение наночастиц в газовой фазе. Получение наночастиц в процессе «испарение – конденсация».
12. Газофазное получение наночастиц с протеканием химических реакций.
13. Получение наночастиц с помощью топохимических реакций.
14. Получение наночастиц при сверхзвуковом истечении газов из сопла.
15. Получение наночастиц методом термолиза.
16. Получение наночастиц методом термического разложения и восстановления.
17. Получение наночастиц в жидкой фазе. Получение наночастиц методом химической конденсации.
18. Получение наночастиц методом осаждения в растворах.
19. Получение наночастиц методом осаждения в расплавах.
20. Золь-гель метод получения наночастиц.
21. Электрохимический метод получения наночастиц.
22. Плазмохимический метод синтеза наночастиц.
23. Электроэрозионный метод получения наночастиц
24. Ударно-волновой (детонационный) синтез наночастиц.
25. Механохимический метод синтеза наночастиц.
26. Как можно объяснить тот факт, что для наночастиц золота при изменении диаметра от 20 до 2 нанометров температура плавления понижается на более чем в два раза?
27. В каких условиях возможна самоорганизация наноразмерных структур?
28. Какими проблемами занимается наука нанохимия?
29. Каким образом размер частиц может влиять на особенности химических свойств вещества и на реакционную способность?
30. Чем обуславливается малая устойчивость наноразмерных систем? Какими способами может быть обеспечена их стабильность?
31. В чем сущность композитного эффекта в проводимости? Как данное явление объясняется?
32. Дайте определение понятию «неавтономное межфазное соединение». На основании чего можно судить о его образовании?
33. Как с позиции представлений о наносистемах объяснить образование эвтектик?
34. Каковы особенности зонной структуры металлов и полупроводников в нанокристаллическом состоянии?
35. Как изменяются магнитные свойства вещества при переходе в наноразмерное состояние? Почему?
36. Что такое наноэлектроника и нанофотоника? Какими видятся перспективы дальнейшего развития данных областей знания?

37. Каковы возможности использования наночастиц в каталитических процессах? Приведите конкретные примеры.

38. Наноматериалы какого класса называют «молекулярными ситами»? В каких технических процессах они могут быть использованы?

39. В каких областях медицины нанотехнологии уже используются или могут быть использованы в будущем? Каким образом на основе нанотехнологий улучшают хирургический инструментарий?

40. Можно ли использовать нанотехнологии при создании топливных элементов? Приведите конкретные примеры.

41. Какие области практического применения углеродных нанотрубок вам известны? Какие свойства данных материалов определяют возможность их использования?

42. Дайте характеристику наночастицам – слоистым двойным гидроксидам.

43. Дайте характеристику наночастицам – квантовым точкам.

44. Дайте характеристику наночастицам – фотонным кристаллам

45. Дайте характеристику аэрогелям и мезопористым материалам.

46. Что представляют собой фуллерены и нанотрубки?

47. Дайте характеристику неограниченным волокнам

48. Опишите принцип работы сканирующего зондового микроскопа. Приведите пример применения СЗМ в исследовании нанообъектов и наноматериалов.

49. Опишите принцип работы просвечивающего электронного микроскопа. Приведите пример применения ПЭМ в исследовании нанообъектов и наноматериалов

50. Опишите принцип работы растрового электронного микроскопа. Приведите пример применения РЭМ в исследовании нанообъектов и наноматериалов.

### **Примеры билетов:**

#### **Билет № 1**

1. Полимерные нанокомпозиты (виды нанокомпозитов, методы их получения, свойства и применение), «умные» наноматериалы, конструкционные материалы, органические и биоорганические наноструктуры.

2. Химические методы получения наночастиц. Методы химического восстановления. Метод проведения реакций в дендримерах. Метод радиационно-химического восстановления. Метод фотохимического синтеза

3. Оцените число атомных остовов в наночастице золота диаметром 3 нм. Радиус атома Au составляет 0.144 нм.

#### **Билет № 2**

1. Место и роль нанотехнологий в современном мире. Успехи и достижения последнего десятилетия. Национальная нанотехнологическая программа: основные направления развития и ожидаемые эффекты

2. Физические и химические методы получения наночастиц

3. Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 200 нм, а второго – 40 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?

### **Тематики для курсового проекта**

1. Нанотехнологии при производстве современных интегральных схем и микропроцессоров.

2. Физические принципы работы магнитных носителей информации.

3. Современные технологии производства энергонезависимой флэш-памяти.

4. Композитные материалы для строительства

5. Нанопорошки

6. Нанотехнологии в электротехнике

7. Полимерные композиты как материал для машиностроения

8. Исследование свойств графена и углеродных нанотрубок при помощи метода молекулярной динамики

9. Расчет режима работы туннельных диодов для различных приложения в электронике

10. Исследование функциональных покрытий для новых материалов