

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Наноматериаловедение»**

**Цель проведения дисциплины:** формирование фундаментальных представлений о современных материалах, их структуре, природе свойств, методах получения и способах обработки для осуществления самостоятельной производственно-технологической деятельности.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- изучение основных классов современных материалов и наноматериалов, их физико-механические свойства, области применения, способы получения и методы исследования;
- раскрытие физической сущности явлений, происходящих в материалах при воздействии на них различных внешних факторов в условиях производства и эксплуатации;
- формирование умений и навыков ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий;
- подготовка средствами дисциплины к выполнению профессиональных функций в производственно-технологической деятельности.
- развитие способностей выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий и микросистемной техники.

### **Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения. (УК-2.2);
- Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования (УК-2.4);
- Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта (УК-2.5);
- Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники (ОПК-1.1);

- Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций (ОПК-4.2);
- Проводит патентный поиск в профессиональной области (ОПК-5.1);
- Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении исследовательской работы в области нанотехнологий и микросистемной техники (ОПК-7.1);

### **Разделы дисциплины**

Введение в микро – и нанотехнологии. Классификация конденсированного вещества по основным материалам. Газы, жидкости и твердые тела в нанотехнологиях. Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов. Методы исследования наноматериалов. Реализованные и перспективные наноматериалы.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

естественно-научного

(наименование ф-та, полностью)

 Ряполов П.А.  
(подпись, фамилия, инициалы)

« 31 » августа 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наноматериаловедение

(наименование дисциплины)

ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника,  
(шифр и наименование направления подготовки)

направленность (профиль) «Нанотехнологии»  
(наименование направленности (профиля))

форма обучения очная

*ОПОП ВО реализуется по модели дуального обучения*

Курск – 2024

Рабочая программа дисциплины составлена:

– в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, утвержденным приказом Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 921;

– на основании учебного плана ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 от 27.03.2024).

Рабочая программа дисциплины обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе для дуального обучения студентов по ОПОП ВО 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии» на заседании кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики

(наименование кафедры)

(протокол № 1 от 31.08.2024).

Зав. кафедрой

 А.Е. Кузько

Разработчик программы

к. ф.-м. н., доцент

 И.В. Локтионова

Согласовано: на заседании кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики

(наименование кафедры)

(протокол № 1 от 31.08.2024).

Зав. кафедрой

 А.Е. Кузько

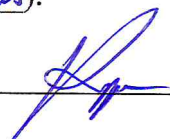
/ Директор научной библиотеки  Макаровская В.Г.

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО дуального обучения 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 9 от 31.03.2025), на заседании кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики

(наименование кафедры)

(протокол № 1 от 30.08.2025).

Зав. кафедрой

 А.Е. Кузько

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО дуального обучения 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № 8 от 24.02.2026, на заседании кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики  
(наименование кафедры)  
(протокол № 1 от 31.08.2026)

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_  А.Е. Кузько

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО дуального обучения 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № \_\_ от \_\_.\_\_.\_\_, на заседании кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики  
(наименование кафедры)  
(протокол № \_\_ от \_\_.\_\_.\_\_)

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ А.Е. Кузько

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и рекомендована к реализации в образовательном процессе на основании учебного плана ОПОП ВО дуального обучения 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», одобренного Ученым советом университета (протокол № \_\_ от \_\_.\_\_.\_\_, на заседании кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики  
(наименование кафедры)  
(протокол № \_\_ от \_\_.\_\_.\_\_)

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ А.Е. Кузько

## **1 Цель и задачи дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы**

### **1.1 Цель дисциплины**

Цель дисциплины – формирование фундаментальных представлений о современных материалах, их структуре, природе свойств, методах получения и способах обработки для осуществления самостоятельной производственно-технологической деятельности.

### **1.2 Задачи дисциплины:**

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных классов современных материалов и наноматериалов, их физико-механические свойства, области применения, способы получения и методы исследования;
- раскрытие физической сущности явлений, происходящих в материалах при воздействии на них различных внешних факторов в условиях производства и эксплуатации;
- формирование умений и навыков ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий;
- подготовка средствами дисциплины к выполнению профессиональных функций в производственно-технологической деятельности.
- развитие способностей выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий и микросистемной техники.

### **1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы**

Таблица 1.3 – Результаты обучения по дисциплине

| <i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i> |                                                                  | <i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>      | <i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>код компетенции</i>                                                                                                                | <i>наименование компетенции</i>                                  |                                                                                                |                                                                                                            |
| УК-2                                                                                                                                  | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла. | УК-2.2<br>Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы:<br>формулирует цель, | <b>Знать:</b><br>- теоретические аспекты разработки концепций проекта.<br><b>Уметь:</b><br>- разрабатывать |

| <i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i> |                                 | <i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>                                                                                                       | <i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>код компетенции</i>                                                                                                                | <i>наименование компетенции</i> |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                       |                                 | задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.                                                                                            | концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулировать цель, задачи, обосновывать актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.<br><b>Иметь опыт:</b><br>- формулировать цель, задачи, обосновывать актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения. |
|                                                                                                                                       |                                 | УК-2.4<br>Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструментов планирования                                                                                                      | <b>Знать:</b><br>- основы планирования при выполнении проектной задачи.<br><b>Уметь:</b><br>- составлять план реализации проекта с использованием инструментов планирования.<br><b>Иметь опыт:</b><br>- разработки плана реализации проекта.                                                                                   |
|                                                                                                                                       |                                 | УК-2.5<br>Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта | <b>Знать:</b><br>- методику проведения мониторинга хода реализации проекта и вносить изменения и корректировать процесс реализации.<br><b>Уметь:</b><br>- корректировать отклонения, вносить дополнительные изменения в процессе реализации проекта.<br><b>Иметь опыт ведения и корректировки проекта в процессе его</b>       |

| <i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i> |                                                                                                                                                                                                                 | <i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i>                                                                                                                                                  | <i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>код компетенции</i>                                                                                                                | <i>наименование компетенции</i>                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                            | осуществления, внесения дополнительных изменений в план реализации проекта; уточняет зоны ответственности участников проекта.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| ОПК-1                                                                                                                                 | Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей | ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов нано- и микросистемной техники | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать инструменты математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками использования математического аппарата для моделирования процессов синтеза и исследования наноматериалов.</li> </ul> |
| ОПК-4                                                                                                                                 | Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов                      | ОПК-4.2 Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций                                                           | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- различные варианты построения демонстрационного материала;</li> <li>- углубленно методы и технологии оформления, представления результатов своей исследовательской деятельности.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на высоком уровне предоставлять и докладывать результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время</li> </ul>                                                                                                  |

| Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной) |                                                                                                                                                                                            | Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной | Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| код компетенции                                                                                                                | наименование компетенции                                                                                                                                                                   |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                            |                                                                                    | <p>промежуточных и итоговых аттестаций;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- качественно презентовать результаты выполненной работы;</li> <li>- передавать идеи, проектные предложения.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способностью качественно оформлять, эффективно представлять, докладывать и квалифицированно защищать результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций.</li> </ul>                                    |
| ОПК-5                                                                                                                          | Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов | ОПК-5.1 Проводит патентный поиск в профессиональной области                        | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ресурсы получения патентной информации.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-проводить расширенный поиск патентной информации по определенной теме с использованием информационных технологий.</li> </ul> <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками систематизации и анализа результатов патентного поиска и составления отчета с использованием информационных технологий.</li> </ul> |
| ОПК-7                                                                                                                          | Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области                                                                                                         | ОПК-7.1 Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при  | <p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основную техническую и справочную литературу, нормативные документы, необходимые при выполнении</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| <i>Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)</i> |                                         | <i>Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной</i> | <i>Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>код компетенции</i>                                                                                                                | <i>наименование компетенции</i>         |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                                                                                       | нанотехнологий и микросистемной техники | выполнении исследовательской работы в области нанотехнологий и микросистемной техники     | исследовательской работы в области нанотехнологий и микросистемной техники.<br><b>Уметь:</b><br>- использовать современные поисковые системы, и ресурсы в области технической, нормативной научной и патентной документации.<br><b>Владеть:</b><br>- в совершенстве навыками обработки информации и использования полученных результатов в области нанотехнологий и микросистемной техники. |

## **2 Указание места дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина «Наноматериаловедение» входит в обязательную часть<sup>1</sup> блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы – программы магистратуры 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, направленность (профиль) «Нанотехнологии», реализуемой по модели дуального обучения.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 2 семестре.

Дисциплина имеет практико-ориентированный характер и изучается до прохождения обучающимися производственно эксплуатационной практики, завершающей данный семестр.

## **3 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетные единицы (з.е.), 216 академических часов.

Таблица 3 – Объем дисциплины

| Виды учебной работы                                                             | Всего, часов                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины                                                   | 216                                                 |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего) | 58,65                                               |
| в том числе:                                                                    |                                                     |
| лекции                                                                          | 28                                                  |
| лабораторные занятия                                                            | 28, из них практическая подготовка обучающихся – 8. |
| практические занятия                                                            | -                                                   |
| Самостоятельная работа обучающихся (всего)                                      | 121,35                                              |
| Контроль (подготовка к экзамену)                                                | 36                                                  |
| Контактная работа по промежуточной аттестации (всего АттКР)                     | 2,65                                                |
| в том числе:                                                                    |                                                     |
| зачет                                                                           | не предусмотрен                                     |
| зачет с оценкой                                                                 | не предусмотрен                                     |
| курсовой проект                                                                 | 1                                                   |
| экзамен (включая консультацию перед экзаменом)                                  | 1,15                                                |

#### 4 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Содержание дисциплины

Таблица 4.1.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины                                        | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1     | Введение в микро – и нанотехнологии                             | Основные понятия и определения, используемые в микро- и нанотехнологиях<br>Положение микро- и нанообъектов по шкале размеров, исследуемых современной наукой<br>Влияние размерных эффектов на физические свойства материалов<br>История развития нанотехнологий и нанообъектов. Начало исследований. Эффект Джозефсона. Фуллерит - новая форма углерода. Магнитные жидкости |
| 2     | Классификация конденсированного вещества по основным материалам | Кристаллическое состояние<br>Физические типы кристаллических решеток<br>Кристаллическое состояние наночастиц в зависимости от поверхностного натяжения<br>Изменение кристаллической структуры<br>Температура плавления малых частиц<br>Тепловое движение в кристаллах.<br>Теплоемкость кристаллов<br>Фононный спектр и теплоемкость наночастиц                              |

|   |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Газы, жидкости и твердые тела в нанотехнологиях                                         | Газы и газовые кластеры Жидкости и жидкие наносистемы. Строение жидкостей. Свойства жидкостей (вязкость, текучесть, сжимаемость и тепловое расширение «простых» жидкостей). Аддитивная модель упругости микро- и нанодисперсных систем с учетом межфазного теплообмена Магнитореологические суспензии Магнитореологический эффект Седimentация Диэлектрики в нанотехнологиях Коллоидные кластеры Поверхностно- активные вещества Нанокomпозиты |
| 4 | Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов | Механика «проскальзывания» микро- и наночастиц при ускоренном движении суспензии<br>Диффузия наночастиц в жидкой матрице                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 5 | Методы исследования наноматериалов                                                      | Сканирующая зондовая микроскопия<br>Автоионная микроскопия<br>Методы электронной микроскопии<br>Спектроскопические методы<br>Дифракционные методы исследования                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 6 | Реализованные и перспективные наноматериалы                                             | Строительное наноматериаловедение. Наноматериалы в агропромышленном комплексе Военные приложения наноматериалов. Применение наноматериалов. Нанопродукты. Возможности для машиностроения. Нанотоксикология.                                                                                                                                                                                                                                    |

Таблица 4.1.2 – Содержание дисциплины и его методическое обеспечение

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины                                                                | Виды деятельности |        |       | Учебно-методические материалы | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) | Компетенции             |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|-------|-------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------|
|       |                                                                                         | лек., час         | № лаб. | № пр. |                               |                                                            |                         |
| 1     | 2                                                                                       | 3                 | 4      | 5     | 6                             | 7                                                          | 8                       |
| 1     | Введение в микро – и нанотехнологии                                                     | 2                 | № 1    |       | У-1<br>МУ-1                   | ЛР1<br>КС                                                  | УК-2,<br>ОПК-1<br>ОПК-5 |
| 2     | Классификация конденсированного вещества по основным материалам                         | 6                 |        |       | У-1<br>У-2                    | Э<br>КР                                                    | УК-2,<br>ОПК-1          |
| 3     | Газы, жидкости и твердые тела в нанотехнологиях                                         | 4                 | № 2    |       | У-1<br>У-2<br>МУ-1            | ЛР2<br>КС<br>У                                             | УК-2,<br>ОПК-4<br>ОПК-5 |
| 4     | Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов | 6                 | № 3    |       | У-3<br>МУ-1                   | ЛР3<br>КС<br>КР<br>КЗ                                      | ОПК-5<br>ОПК-4<br>ОПК-7 |
| 5     | Методы исследования                                                                     | 6                 | № 4    |       | У-9<br>МУ-1                   | ЛР4<br>КС                                                  | УК-2,<br>ОПК-2          |

|   |                                             |   |     |  |             |                      |                         |
|---|---------------------------------------------|---|-----|--|-------------|----------------------|-------------------------|
|   | наноматериалов                              |   |     |  |             | Пр<br>ПЗ             | ОПК-4<br>ОПК-5          |
| 6 | Реализованные и перспективные наноматериалы | 4 | № 5 |  | У-8<br>МУ-1 | ЛР5<br>КС<br>Т<br>КР | ОПК-4<br>ОПК-5<br>ОПК-7 |

У – устный опрос; Т – тестирование; ПЗ – решение производственных задач; ЛР – выполнение лабораторной работы; ЗПП – выполнение заданий по практической подготовке; Пр – подготовка презентации; ПЗ – решение производственной задачи; КЗ – решение кейс-задачи; КР – выполнение курсовой работы; Э – написание эссе. КС – работа с компьютерной симуляцией.

## 4.2 Лабораторные работы и (или) практические занятия

### 4.2.1 Лабораторные работы

Таблица 4.2.1 – Лабораторные работы

| №     | Наименование лабораторной работы                                                                     | Объем, час.                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                    | 3                                                  |
| 1     | Практические приемы работы на атомно-силовом микроскопе с применением виртуальной модели             | 6, из них практическая подготовка обучающихся – 2  |
| 2     | Шлифовка и полировка образцов на станке Buehler Vector LC                                            | 4, из них практическая подготовка обучающихся – 2  |
| 3     | Практические приемы работы на сканирующем электронном микроскопе с применением виртуальной модели    | 6, из них практическая подготовка обучающихся – 2  |
| 4     | Замена катода на растровом электронном микроскопе                                                    | 4 из них практическая подготовка обучающихся – 2   |
| 5     | Практические приемы работы на просвечивающем электронном микроскопе с применением виртуальной модели | 8                                                  |
| Итого |                                                                                                      | 28, из них практическая подготовка обучающихся – 8 |

### 4.3 Самостоятельная работа студентов (СРС)

Таблица 4.3 – Самостоятельная работа студентов

| № раздела (темы) | Наименование раздела (темы) дисциплины                                                  | Срок выполнения | Время, затрачиваемое на выполнение СРС, час |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|
| 1                | 2                                                                                       | 3               | 4                                           |
| 1.               | Введение в микро – и нанотехнологии                                                     | 1-3 неделя      | 8                                           |
| 2.               | Классификация конденсированного вещества по основным материалам                         | 4-6 неделя      | 25                                          |
| 3.               | Газы, жидкости и твердые тела в нанотехнологиях                                         | 7-9 неделя      | 25                                          |
| 4.               | Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов | 10-12 неделя    | 24                                          |
| 5.               | Методы исследования наноматериалов                                                      | 13-15 неделя    | 20                                          |
| 6.               | Реализованные и перспективные наноматериалы                                             | 16-18 неделя    | 19,35                                       |
| Итого            |                                                                                         |                 | 121,35                                      |

## 5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельном изучении отдельных тем и вопросов дисциплины студенты могут пользоваться учебно-наглядными пособиями, учебным оборудованием и методическими разработками кафедры нанотехнологии, микроэлектроники, общей и прикладной физики в рабочее время, установленное Правилами внутреннего распорядка работников университета.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по данной дисциплине организуется:

*библиотекой университета:*

- библиотечный фонд укомплектован учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебным планом и данной РПД;
- имеется доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

*кафедрой:*

- путем обеспечения доступности всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- путем предоставления сведений о наличии учебно-методической литературы, современных программных средств.
- путем разработки:

- методических рекомендаций, пособий по организации самостоятельной работы студентов;
  - методических указаний к выполнению лабораторных работ и т.д.
- типографией университета:*
- посредством оказания помощи авторам в подготовке и издании научной, учебной и методической литературы;
  - посредством удовлетворения потребности в тиражировании научной, учебной и методической литературы.

## **6 Образовательные технологии. Практическая подготовка обучающихся.**

Реализация программы магистратуры по модели дуального обучения и компетентностного подхода предусматривают широкое использование в образовательном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования универсальных, общепрофессиональных компетенций обучающихся.

Таблица 6.1 – Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении аудиторных занятий

| №      | Наименование раздела (темы лекции, практического или лабораторного занятия)                          | Используемые интерактивные образовательные технологии | Объем, час. |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------|
| 1      | 2                                                                                                    | 3                                                     | 4           |
| 1      | Практические приемы работы на атомно-силовом микроскопе с применением виртуальной модели             | работа с компьютерной симуляцией                      | 4           |
| 2      | Шлифовка и полировка образцов на станке Buehler Vector LC                                            | работа с компьютерной симуляцией                      | 2           |
| 3      | Практические приемы работы на сканирующем электронном микроскопе с применением виртуальной модели    | работа с компьютерной симуляцией                      | 4           |
| 4      | Замена катода на растровом электронном микроскопе                                                    | работа с компьютерной симуляцией                      | 2           |
| 5      | Практические приемы работы на просвечивающем электронном микроскопе с применением виртуальной модели | работа с компьютерной симуляцией                      | 8           |
| Итого: |                                                                                                      |                                                       | 20          |

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины осуществляется путем проведения лабораторных занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью и направленных на формирование, закрепление, развитие практических

навыков и компетенций по направленности (профилю) программы магистратуры. Практическая подготовка включает в себя отдельные занятия лекционного типа, которые проводятся в организации-заказчика и предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью, на производственной эксплуатационной практике, которой завершается данный семестр.

Практическая подготовка обучающихся при реализации дисциплины организуется в реальных производственных условиях организации-заказчика.

Практическая подготовка обучающихся проводится в соответствии с положением П 02.181.

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 7.1 – Этапы формирования компетенций

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                                                         | Этапы <sup>1</sup> формирования компетенций и дисциплины (модули), практики, при изучении которых формируется данная компетенция |                       |                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                        | начальный                                                                                                                        | основной              | завершающий                                                                                                                                                                                                     |
| 1                                                                                                                                                                                                                      | 2                                                                                                                                | 3                     | 4                                                                                                                                                                                                               |
| УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.                                                                                                                                                  | Актуальные проблемы современной нанотехнологии.<br><br>Наноматериаловедение.                                                     |                       | Наноаналитическое оборудование.<br><br>Проектно-исследовательская деятельность в нанотехнологиях.<br><br>Производственная преддипломная практика.<br><br>Выполнение и защита выпускной квалификационной работы. |
| ОПК-1 Способен ставить и решать инженерные и научно-технические задачи в области нанотехнологий и микросистемной техники и новых междисциплинарных направлениях на основе естественнонаучных и математических моделей. | Методы математического моделирования.<br><br>Физика наносистем.<br><br>Химия нанотехнологий.                                     | Наноматериаловедение. | Информационные технологии в микро- и наносистемах.<br><br>Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.                                                                                                |
| ОПК-4 Способен выполнять исследования при решении инженерных и научно-технических                                                                                                                                      | Физика наносистем.<br><br>Химия нанотехнологий.                                                                                  | Наноматериаловедение. | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.                                                                                                                                                          |

|                                                                                                                                                                                                   |                                                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| задач, включая планирование и постановку сложного эксперимента, критическую оценку и интерпретацию результатов.                                                                                   |                                                                 |                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-5 Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования и проектирования объектов, систем и процессов. | Методы математического моделирования.<br><br>Физика наносистем. | Наноматериаловедение. | Информационные технологии в микро- и наносистемах.<br><br>Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)).<br><br>Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.                                                                     |
| ОПК-7 Способен разрабатывать и актуализировать научно-техническую документацию в области нанотехнологий и микросистемной техники.                                                                 | Наноматериаловедение.                                           |                       | Информационные технологии в микро- и наносистемах.<br><br>Учебная практика (научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)).<br><br>Производственная практика (научно-исследовательская работа).<br><br>Выполнение и защита выпускной квалификационной работы. |

## 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Таблица 7.2 – Показатели и критерии оценивания компетенций, шкала оценивания

| Код компетенции/ этап (наименование этапа по таблице 6.1) | Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за практикой)                                                                                                                                                                               | Критерии и шкала оценивания компетенций                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                | Недостаточный уровень («неудовл.»)                                                                                                                                                                 | Пороговый уровень («удовл.»)                                                                                                                                    | Продвинутый уровень («хорошо»)                                                                                                                            | Высокий уровень («отлично»)                                                                                                                                                                         |
| 1                                                         | 2                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3                                                                                                                                                                                                  | 4                                                                                                                                                               | 5                                                                                                                                                         | 6                                                                                                                                                                                                   |
| УК-2 начальный, завершающий.                              | УК-2.2 Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения.<br><br>УК-2.4 Разрабатывает план реализации проекта с использованием инструмента | <b>Знать:</b> демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно. | <b>Знать:</b> демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки. | <b>Знать:</b> демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности. | <b>Знать:</b> демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для УК-2. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями. |
|                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Уметь:</b> демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для УК-2.                                                                                                                | <b>Уметь:</b> в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для УК-2.                        | <b>Уметь:</b> сформированные и самостоятельное применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для УК-2.                                                      | <b>Уметь:</b> хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для УК-2..                                                                                            |

|                                            |                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | <p>ов планирования.</p> <p>УК-2.5 Осуществляет мониторинг хода реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта, уточняет зоны ответственности участников проекта.</p> | <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <p>навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, не развиты.</p>                                                                                                 | <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <p>навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, развиты на элементарном уровне.</p>                                          | <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <p>навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, хорошо развиты.</p>                                                    | <p><b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b></p> <p>навыки, указанные в таблице 1.3 для УК-2, доведены до автоматизма.</p>                                                                                     |
| ОПК-1<br>начальный, основной, завершающий. | ОПК-1.1 Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования процессов синтеза, диагностики и функционирования материалов и компонентов                  | <p><b>Знать:</b></p> <p>демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-1. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.</p> | <p><b>Знать:</b></p> <p>демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-1. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки.</p> | <p><b>Знать:</b></p> <p>демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-1. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности.</p> | <p><b>Знать:</b></p> <p>демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-1. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.</p> |
|                                            |                                                                                                                                                                                                                              | <p><b>Уметь:</b></p> <p>демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице</p>                                                                                                                               | <p><b>Уметь:</b></p> <p>в целом сформированные, но вызывающие затруднения</p>                                                                                                  | <p><b>Уметь:</b></p> <p>сформированные и самостоятельные применяемые</p>                                                                                                 | <p><b>Уметь:</b></p> <p>хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые</p>                                                                                                                                        |

|                                            |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | в нано- и микросистемной техники.                                                                                                                                                    | 1.3 для ОПК-1.                                                                                                                                                                                         | при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1.                                                                                           | умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1.                                                                                                                    | умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1.                                                                                                                                                              |
|                                            |                                                                                                                                                                                      | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1, не развиты.                                                                                                | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1, развиты на элементарном уровне.                                         | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1, хорошо развиты.                                                   | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-1, доведены до автоматизма.                                                                                    |
| ОПК-4<br>начальный, основной, завершающий. | ОПК-4.2<br>Формирует демонстрационный материал и представляет результаты своей исследовательской деятельности на научных конференциях, во время промежуточных и итоговых аттестаций. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-4. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-4. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-4. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-4. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями. |
|                                            |                                                                                                                                                                                      | <b>Уметь:</b><br>демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ОПК-4.                                                                                                                | <b>Уметь:</b><br>в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3                                   | <b>Уметь:</b><br>сформированные и самостоятельные применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-4.                                                      | <b>Уметь:</b><br>хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-4.                                                                                             |

|                                            |                                                                 |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            |                                                                 |                                                                                                                                                                                                        | для ОПК-4.                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |
|                                            |                                                                 | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-4, не развиты.                                                                                                | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-4, развиты на элементарном уровне.                                         | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-4, хорошо развиты.                                                   | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-4, доведены до автоматизма.                                                                                    |
| ОПК-5<br>начальный, основной, завершающий. | ОПК-5.1<br>Проводит патентный поиск в профессиональной области. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-5. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-5. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-5. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-5. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями. |
|                                            |                                                                 | <b>Уметь:</b><br>демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ОПК-5.                                                                                                                | <b>Уметь:</b><br>в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5.                        | <b>Уметь:</b><br>сформированные и самостоятельные применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5.                                                      | <b>Уметь:</b><br>хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5.                                                                                             |

|                                 |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                                                                                                                                               | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5, не развиты.                                                                                                | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5, развиты на элементарном уровне.                                         | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5, хорошо развиты.                                                   | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в таблице 1.3 для ОПК-5, доведены до автоматизма.                                                                                    |
| ОПК-7<br>основной, завершающий. | ОПК-7.1<br>Использует техническую и справочную литературу, нормативные документы при выполнении и исследовательской работы в области нанотехнологий и микросистемной техники. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-7. Обучающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-7. Знания обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-7. Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности. | <b>Знать:</b><br>демонстрирует 90-100% знаний, указанных в таблице 1.3 для ОПК-7. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями. |
|                                 |                                                                                                                                                                               | <b>Уметь:</b><br>демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ОПК-5.                                                                                                                | <b>Уметь:</b><br>в целом сформированные, но вызывающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-7.                        | <b>Уметь:</b><br>сформированные и самостоятельное применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-7.                                                      | <b>Уметь:</b><br>хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ОПК-7.                                                                                             |
|                                 |                                                                                                                                                                               | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в                                                                                                                                   | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки,                                                                                                            | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в                                                                                          | <b>Владеть (или Иметь опыт деятельности):</b><br>навыки, указанные в                                                                                                                                    |

|  |  |                                    |                                                                    |                                        |                                                 |
|--|--|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
|  |  | таблице 1.3 для ОПК-7, не развиты. | указанные в таблице 1.3 для ОПК-7, развиты на элементарном уровне. | таблице 1.3 для ОПК-7, хорошо развиты. | таблице 1.3 для ОПК-7, доведены до автоматизма. |
|--|--|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|

**7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы**

Таблица 7.3 - Паспорт комплекта оценочных средств для текущего контроля успеваемости

| № п/п | Раздел (тема) дисциплины                                        | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Технология формирования           | Оценочные средства                                                                                       |            | Описание шкал оценивания |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------|
|       |                                                                 |                                               |                                   | наименование                                                                                             | №№ заданий |                          |
| 1     | 2                                                               | 3                                             | 4                                 | 5                                                                                                        | 6          | 7                        |
| 1     | Введение в микро – и нанотехнологии                             | УК-2, ОПК-1 ОПК-5                             | лекция, лабораторное занятие, СРС | текст лабораторной работы, компьютерная симуляция «Атомно-силовой микроскоп»                             | ЛР№1 СРС№1 | Согласно табл.7.2        |
| 2     | Классификация конденсированного вещества по основным материалам | УК-2, ОПК-1                                   | лекция, СРС                       | темы эссе, темы курсовых работ                                                                           | СРС№2      | Согласно табл.7.2        |
| 3     | Газы, жидкости и твердые тела в нанотехнологиях                 | УК-2, ОПК-4 ОПК-5                             | лекция, лабораторное занятие, СРС | текст лабораторной работы, компьютерная симуляция «Станок Buehler Vector LC», вопросы для устного опроса | ЛР№2 СРС№3 | Согласно табл.7.2        |

| №<br>п/<br>п | Раздел (тема)<br>дисциплины                                                             | Код<br>контролируем<br>ой<br>компетенции<br>(или ее части) | Технология<br>формирован<br>ия    | Оценочные<br>средства                                                                                                                                   |                   | Описание<br>шкал<br>оцениван<br>ия |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|
|              |                                                                                         |                                                            |                                   | наименование                                                                                                                                            | №№<br>задани<br>й |                                    |
| 1            | 2                                                                                       | 3                                                          | 4                                 | 5                                                                                                                                                       | 6                 | 7                                  |
| 4            | Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов | ОПК-5<br>ОПК-4<br>ОПК-7                                    | лекция, лабораторное занятие, СРС | текст лабораторной работы, компьютерная симуляция «Сканирующий электронный микроскоп», темы курсовых работ, кейс-задача                                 | ЛР№3<br>СРС№<br>4 | Согласно табл.7.2                  |
| 5            | Методы исследования наноматериалов                                                      | УК-2,<br>ОПК-2<br>ОПК-4<br>ОПК-5                           | лекция, лабораторное занятие, СРС | текст лабораторной работы, компьютерная симуляция «Сканирующий электронный микроскоп», темы курсовых работ, производственные задачи                     | ЛР№4<br>СРС№<br>5 | Согласно табл.7.2                  |
| 6            | Реализованные и перспективные наноматериалы                                             | ОПК-4<br>ОПК-5<br>ОПК-7                                    | лекция, лабораторное занятие, СРС | текст лабораторной работы, компьютерная симуляция «Просвечивающий электронный микроскоп», банк вопросов и заданий в тестовой форме, темы курсовых работ | ЛР№5<br>СРС№<br>6 | Согласно табл.7.2                  |

### 7.3.1 Примеры типовых контрольных заданий для проведения текущего контроля успеваемости

а) Вопросы и задания в тестовой форме по теме № 6 «Реализованные и перспективные наноматериалы».

Задание в закрытой форме:

**Удельная поверхность веществ измеряется в:**

- 1) кг/см<sup>2</sup>;
- 2) м<sup>2</sup>/кг;
- 3) см<sup>3</sup>/г;
- 4) г/см<sup>3</sup>;
- 5) мм<sup>2</sup>.

**Задание в открытой форме:**

Какие электронные свойства могут проявлять углеродные нанотрубки в зависимости от строения и вектора хиральности? Как можно управлять электронными свойствами углеродных нанотрубок?

**Задание на установление правильной последовательности:**

**Расположите в порядке возрастания мерности наноструктур:**

1. квантовые точки
2. углеродные нанотрубки
3. гетероструктуры
4. нанокompозиты.

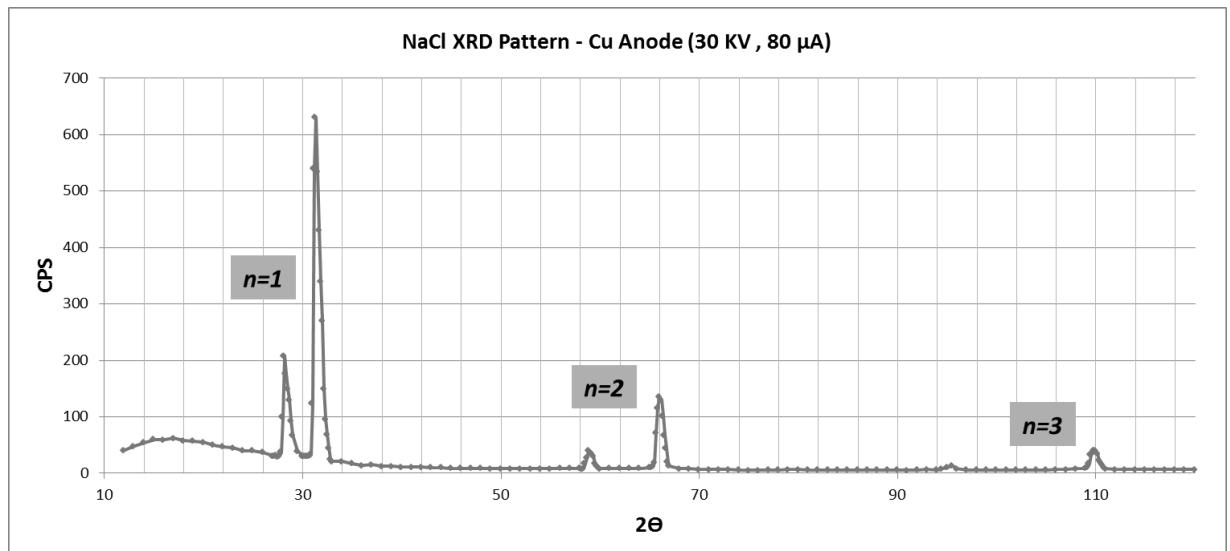
**Задание на установление соответствия:**

**Установите соответствие:**

- |               |                                                                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Нанотрубки | А. Молекулярный кристалл, в узлах решетки которого находятся молекулы фуллерена.                  |
| 2. Фуллерен   | Б. Семейство шарообразных полых молекул общей формулы C <sub>n</sub> .                            |
| 3. Фуллерит   | В. Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах. |

б) Производственная задача по разделу (теме) № 5 «Методы исследования наноматериалов».

Для кристаллографического анализа хлорида натрия NaCl было произведено полное сканирование кристалла под углом от 10 ° до 120 ° с использованием излучения нефльтрованной трубки, настроенной на 30 КВ и 80 мкА. Результат показан на графике ниже, на котором присутствуют брэгговские отражения для линий Ка и К<sub>β</sub> меди. Отражения были выделены для порядка n=1, n=2 и n=3, соответствующих ориентациям кристаллов (200) и (020).



Для кубического кристалла с постоянной решетки  $a$  расстояние  $d$  между соседними плоскостями решетки ( $hkl$ ) вычисляется следующим образом:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

Комбинируя условие Брэгга для отражений с приведенным выше уравнением, получаем:

$$\frac{\sin^2 \theta}{(h^2 + k^2 + l^2)} = \frac{\sin^2 \theta}{S} = \frac{\lambda^2}{4a^2}$$

1. Определите тип кубической структуры.
2. Определить постоянную решетки  $a$ , если известна длина волны  $\lambda$  рентгеновских лучей.
3. Определите коэффициент текстурирования.

в) Текст лабораторных работ приведен в УММ по дисциплине.

г) Примеры вопросов для устного опроса по теме «Газы, жидкости и твердые тела в нанотехнологиях»

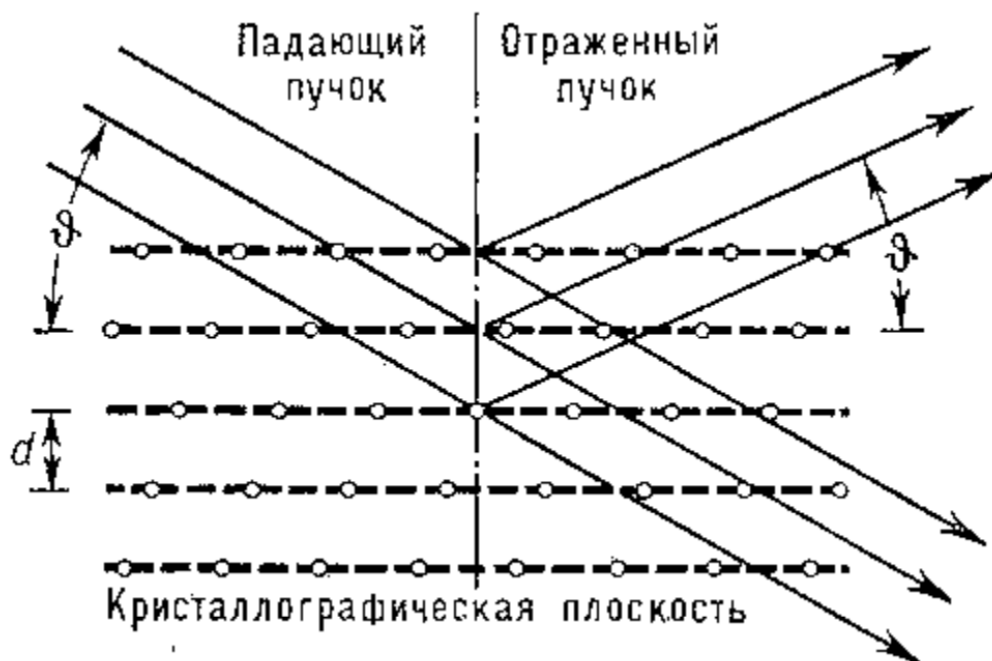
1. Какие основные различия между газами, жидкостями и твердыми телами в нанотехнологиях?
2. Какие свойства газов, жидкостей и твердых тел используются в нанотехнологиях?
3. Какие методы синтеза наноматериалов основаны на использовании газов?
4. Какие примеры жидкостей используются в нанотехнологиях и для чего?
5. Какие твердые тела являются основными материалами для создания наночастиц?
6. Каковы основные способы модификации физических и химических свойств газов в нанотехнологиях?

7. Какие свойства газов, жидкостей и твердых тел учитываются при разработке наноматериалов?
8. Какие преимущества нанотехнологий в сфере газов, жидкостей и твердых тел?
9. Какие технологии используются для контроля и манипулирования наночастицами?
10. Какие перспективы развития нанотехнологий в области газов, жидкостей и твердых тел?

д) Кейс- задача по теме «Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов» .

Метод дифракции электронов используется для исследования структуры твердых тел. В опыте по определению постоянной кристаллической решетки электроны разгоняют в поле с разностью потенциалов 100 В. Далее пучок электронов падает нормально на поверхность образца, представляющего собой тонкую фольгу из монокристаллического вещества. При этом на экране, расположенном за образцом, наблюдается дифракционная картина, в которой второй дифракционный максимум находится под углом  $\alpha = 30^\circ$ .

1. Найти постоянную решетки исследуемого вещества.



Доктор Пауль Шеррер, швейцарский физик, опубликовал статью об использовании рентгеновского излучения для оценки размера кристаллитов в 1918 году. Это произошло всего через 6 лет после того, как Лауэ впервые описал картину дифракции рентгеновских лучей . Уравнение, предложенное Шеррером, до сих пор используется из-за его простоты и минимума связанных с ним параметров и констант:

$$B(2\theta) = \frac{K\lambda}{L \cos \theta} ,$$

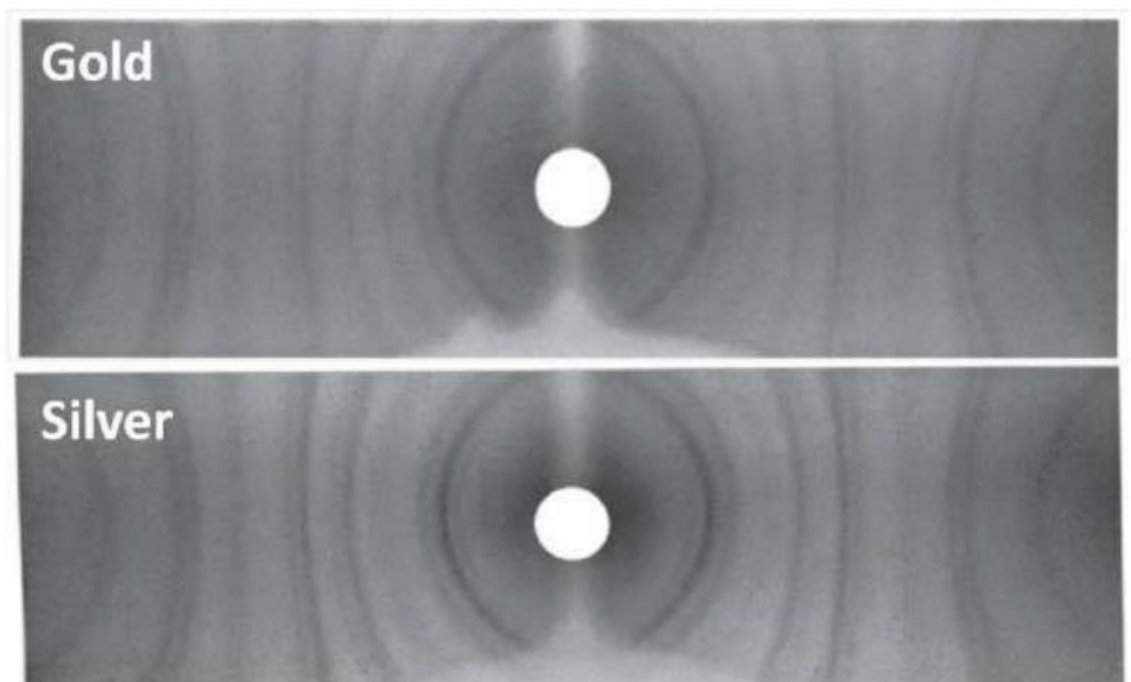
а именно,  $K$  - постоянная Шеррера,  $\lambda$  - длина волны рентгеновского излучения,  $\theta$  - половина угла дифракции. Тем не менее,  $L$  - это длина когерентности, которая не является истинным размером частиц или кристаллитов, и следует учитывать ряд ограничений.

2. Каковы ограничения для уравнения Шеррера?

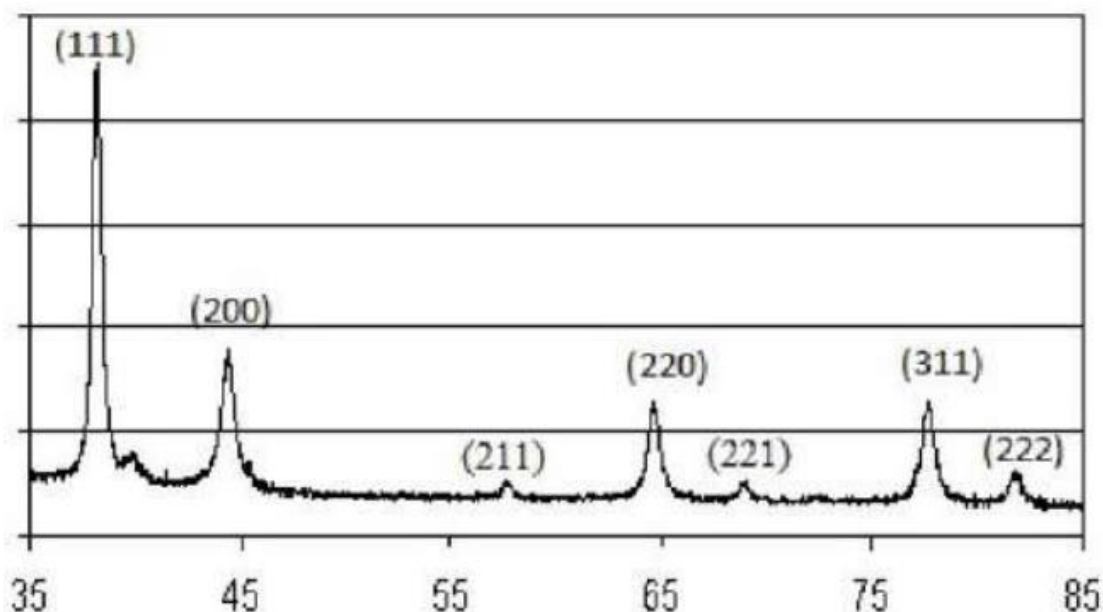
3. Каков диапазон значений константы Шеррера  $K$  и каковы ключевые параметры, влияющие на ее значение?

4. Какие материалы были в первом списке образцов, исследованных профессором Дж. Шеррером в конце 1918 года? Какие аноды и монохроматоры использовались в этих экспериментах?

5. Два образца представляли собой наночастицы золота и серебра. Сравниваем качественно средние значения для последовательности длины  $L$  с помощью экспериментальных данных по проф. Шеррер.



6. Какие из отражений на следующей рентгенограмме золота наиболее подходят для расчета длины когерентности?



е) Темы эссе:

1. Основные принципы синтеза наноматериалов.
2. Использование наноматериалов в медицине и биологии.
3. Нанотехнологии в энергетике: перспективы и вызовы.
4. Роль наноматериалов в современной электронике.
5. Экологические аспекты использования наноматериалов.
6. Нанокатализ в химической промышленности.
7. Наноматериалы для создания новых материалов переноса тепла.
8. Будущее нанотехнологий: возможности и риски.
9. Наноматериалы в солнечных батареях и других альтернативных источниках энергии.
10. Нанотехнологии в области пищевой промышленности: новые возможности и вызовы.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости представлены в УММ по дисциплине.

Практическая подготовка обучающихся при реализации данной дисциплины организуется, в частности, путем выполнения и защиты курсовой работы (проекта) на одну из тем, приведенных ниже

«в) Темы курсовых работ (проектов)».

1. Изучение синтеза наноматериалов на основе графена и их свойств.
2. Применение наночастиц для улучшения механических свойств полимерных композитов.
3. Исследование электрических свойств наноструктур на основе кремния.
4. Изучение магнитных свойств наночастиц оксидов металлов.

5. Исследование влияния нанокристаллической структуры на прочностные характеристики металлических материалов.
6. Применение углеродных нанотрубок в электронике.
7. Изучение влияния наночастиц металлов на каталитическую активность.
8. Исследование применения нанонаполнителей для улучшения теплоотвода в электронике.
9. Изучение оптических свойств наночастиц полупроводников.
10. Применение наночастиц в медицине для создания новых препаратов.
11. Исследование влияния наноматериалов на экологию.
12. Изучение синтеза наноструктур на основе оксидов кобальта.
13. Применение квантовых точек в фотонике и оптотехнике.
14. Исследование электропроводности металлических нанопроволок.
15. Изучение механических свойств наноструктур на основе нитрида бора.
16. Применение наночастиц в космической технике и аэрокосмической промышленности.
17. Исследование эффекта квантовых размеров на электрические свойства полупроводников.
18. Изучение наноструктур на основе перовскитовых материалов для солнечных батарей.
19. Применение наночастиц для улучшения теплоизоляционных свойств строительных материалов.
20. Исследование применения наноматериалов в энергетике для создания эффективных аккумуляторов.
21. Изучение магнитотранспортных свойств коллоидных наночастиц.
22. Применение наноструктур в микроэлектронике и сенсорике.
23. Исследование влияния нанокристаллической структуры на оптические свойства полимерных материалов.
24. Изучение химических и биологических свойств наночастиц различных материалов.
25. Применение нанокапсул для доставки лекарственных средств в организм.
26. Исследование влияния наноматериалов на процессы каталитического водородного разложения.
27. Изучение электронных свойств гибких наноструктурных материалов.
28. Применение наночастиц для очистки воды от загрязнений и бактерий.
29. Внутренняя энергия кристаллического твердого тела и наночастицы.
30. Оптимизация акустических параметров нано- и микродисперсных сред.
31. Теплопроводность и температура плавления макро- и нано-кристаллов.
32. Адсорбция газов и паров на поверхности твердого тела в технологии получения нанопленок и нанопокровов.
33. Поверхностное натяжение газового конденсата на поверхности твердых тел и наноразмерных частиц.

34. Скорость звука в газах, жидкостях, твердых телах и микродисперсных системах как показатель упругих и инерционных свойств вещества.
35. Аддитивность упругих свойств нано- и микродисперсных сред.
36. Диффузия молекул и наночастиц.
37. Течение по трубам и капиллярам вязких газов, жидкостей и нанодисперсных жидких сред.
38. Физические свойства магнитожидкостной мембраны.
39. Фуллерит и углеродные нанотрубки.
40. Нанодисперсные магнитные жидкости.
41. Магнетики с гигантским магнитосопротивлением.
42. Методы измерения магнитного поля постоянных магнитов и намагничивания нанодисперсных сред.
43. Температурная зависимость вязкости нанодисперсных жидких систем.
44. Магнитореологический эффект.
45. Магнитная левитация и левитация сверхпроводимости.
46. Методы получения магнитных жидкостей.
47. Методы получения ферросуспензий.
48. Особые свойства материалов, состоящих полностью или частично из наноразмерных элементов.

«Требования к структуре, содержанию, объему, оформлению курсовых работ (курсовых проектов), процедуре защиты, а также критерии оценки определены в:

- стандарте СТУ 02.030 «Курсовые работы (проекты). Выпускные квалификационные работы. Общие требования к структуре и оформлению»;
- положении П 02.016 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;
- методических указаниях по выполнению курсовой работы (курсового проекта)».

### **7.3.2 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

*Промежуточная аттестация* по дисциплине проводится в форме экзамена. На промежуточной аттестации по дисциплине применяется механизм квалификационного экзамена. Экзамен имеет структуру квалификационного экзамена и состоит из 2 частей:

- теоретической (тестирование компьютерное);
- практической (решение компетентностно-ориентированной задачи).

На теоретической части экзамена (тестировании) проверяются знания и частично – умения и навыки обучающихся. Для тестирования используются контрольно-измерительные материалы (КИМ) – вопросы и задания в

тестовой форме, составляющие банк тестовых заданий (БТЗ) по дисциплине, утвержденный в установленном в университете порядке.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины, указанные в разделе 4 настоящей программы. Все темы дисциплины отражены в КИМ в равных долях (%). БТЗ включает в себя не менее 100 заданий и постоянно пополняется. БТЗ хранится на бумажном носителе в составе УММ и электронном виде в ЭИОС университета.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах:

- закрытой (с выбором одного или нескольких правильных ответов),
- открытой (необходимо вписать правильный ответ),
- на установление правильной последовательности,
- на установление соответствия.

На практической части зачета (или зачета с оценкой, или экзамена) проверяются результаты практической подготовки: *компетенции, включая умения, навыки (или опыт деятельности)*). Результаты практической подготовки (*компетенции, включая умения, навыки (или опыт деятельности)*) проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных, кейс-задач или кейсов) и различного вида конструкторов.

Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант КИМ включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат КИМ позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

#### **а) Примеры типовых заданий для теоретической части экзамена (тестирования)**

Задание в закрытой форме:

Абсорбция - это:

- 1) процесс, обратный адсорбции;
- 2) процесс, предшествующий адсорбции;
- 3) процесс поглощения вещества всем объемом;
- 4) процесс поглощения вещества всей поверхностью.

Задание в открытой форме:

В чем вы видите причины низкой устойчивости свободных нанокластеров? Обоснуйте ответ. Предложите методы стабилизации нанокластеров.

Задание на установление правильной последовательности:

**Расставьте следующие технологические шаги при синтезе наночастиц золота в правильной последовательности:**

1. Растворение хлорида золота в воде.
2. Выпаривание избытка редуцирующего агента.
3. Добавление редуцирующего агента, например натрия боргидрида.
4. Анализ размерности и формы наночастиц с использованием методов микроскопии.
5. Стабилизация полученных наночастиц с использованием поверхностно-активных веществ.

Задание на установление соответствия:

**Установите соответствие:**

- |                    |                                                                                              |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Квантовые точки | А) Цилиндрические структуры с наномасштабными размерами.                                     |
| 2. Графен          | Б) Кристаллические структуры с размерами на наномасштабе, обладающие уникальными свойствами. |
| 3. Нанотрубки      | В) Уникальные наноструктуры с квантовыми свойствами.                                         |
| 4. Нанокристаллы   | Г) Двумерный материал, обладающий высокой прочностью и теплопроводностью.                    |

## б) Примеры типовых заданий для практической части экзамена.

Компетентностно-ориентированная задача:

Снимите дифрактограмму поваренной соли на порошковом рентгеновском дифрактометре GBC ЕММА в Региональном центре нанотехнологий.

Определите структуру NaCl и коэффициент ее текстурирования.

Полностью оценочные материалы и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлены в УММ по дисциплине.

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

Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, регулируются следующими нормативными актами университета:

- положение П 02.016 «О балльно-рейтинговой системе оценивания результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;

- положение П 02.207 «Проектирование и реализация основных профессиональных программ высшего образования – программ магистратуры по модели дуального обучения»;

- методические указания, используемые в образовательном процессе, указанные в списке литературы.

Для *текущего контроля успеваемости* по дисциплине в рамках действующей в университете балльно-рейтинговой системы применяется следующий порядок начисления баллов:

Таблица 7.4 – Порядок начисления баллов в рамках БРС

| Форма контроля                                                                                                        | Минимальный балл |                                                                                         | Максимальный балл |                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                       | балл             | примечание                                                                              | балл              | примечание                                                                |
| 1                                                                                                                     | 2                | 3                                                                                       | 4                 | 5                                                                         |
| Лабораторная работа № 1<br>«Практические приемы работы на атомно-силовом микроскопе с применением виртуальной модели» | 2                | Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе | 4                 | Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе |
| Лабораторная работа № 2<br>«Шлифовка и полировка образцов на станке Buehler Vector LC»                                | 2                | Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос                        | 4                 | Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по                     |

| Форма контроля                                                                                                                    | Минимальный балл |                                                                                         | Максимальный балл |                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                   | балл             | примечание                                                                              | балл              | примечание                                                                |
| 1                                                                                                                                 | 2                | 3                                                                                       | 4                 | 5                                                                         |
|                                                                                                                                   |                  | по лабораторной работе                                                                  |                   | лабораторной работе                                                       |
| Лабораторная работа № 3<br>«Практические приемы работы на сканирующем электронном микроскопе с применением виртуальной модели»    | 2                | Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе | 4                 | Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе |
| Лабораторная работа № 4<br>«Замена катода на растровом электронном микроскопе»                                                    | 2                | Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе | 4                 | Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе |
| Лабораторная работа № 5<br>«Практические приемы работы на просвечивающем электронном микроскопе с применением виртуальной модели» | 2                | Выполнил, но не ответил или неполно ответил на какой-либо вопрос по лабораторной работе | 4                 | Выполнил, правильно и полно ответил на все вопросы по лабораторной работе |
| СРС                                                                                                                               | 14               |                                                                                         | 28                |                                                                           |
| Итого                                                                                                                             | 24               |                                                                                         | 48                |                                                                           |
| Посещаемость                                                                                                                      | 0                |                                                                                         | 16                |                                                                           |
| Экзамен                                                                                                                           | 0                |                                                                                         | 36                |                                                                           |
| Итого                                                                                                                             | 24               |                                                                                         | 100               |                                                                           |

Для проведения промежуточной аттестации обучающихся (теоретической части и практической части) используется следующая методика оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности. В каждом варианте КИМ – 16 заданий (15 вопросов для тестирования и одна компетентностно-ориентированная задача).

Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме – 2 балла,
- задание в открытой форме – 2 балла,
- задание на установление правильной последовательности – 2 балла,
- задание на установление соответствия – 2 балла,
- решение компетентностно-ориентированной задачи – 6 баллов.

Максимальное количество баллов по промежуточной аттестации – 36.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **8.1 Основная учебная литература**

1. Витязь, П. А. Наноматериаловедение : учебное пособие / П. А. Витязь, Н. А. Свидунович, Д. В. Куис. - Минск :Вышэйшая школа, 2015. - 512 с. - URL: <http://www.iprbookshop.ru/35501> (дата обращения: 22.08.2024) . - Режим доступа: по подписке. - ISBN 978-985-06-2356-0 : Б. ц. - Текст : электронный. Книга находится в Премиум-версии ЭБС IPRbooks.

2. Полунин, В. М. Наноматериаловедение : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям 28.03.01, 28.04.01 / В. М. Полунин, Г. В. Карпова, Е. В. Шельдешова ; Юго-Зап. гос. ун-т. - Курск : ЮЗГУ, 2020. - 167 с. - Библиогр.: с. 165-166. - ISBN 978-5-7681-1484-8 : 360.00 р. - Текст : непосредственный.

3. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин. – Москва : Физматлит, 2010. – 454 с URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68876> (дата обращения: 23.08.2024) . – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-9221-1120-1. – Текст : электронный.

### **8.2 Дополнительная учебная литература**

4. Арзамасова, В. Б. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебник / под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепяхина. - 3-е изд., стер. - М.: «Академия», 2011.- 448 с. - Текст : непосредственный.

5. Адашкин, А.М. Материаловедение в машиностроении : учебник для бакалавров / А.М.Адашкин, Ю.Е.Седов, А. К.Онегина [и др.]. - М.: Издательство Юрайт, 2012. - 535с.- Текст : непосредственный.

6. Тялина, ЛН. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учебное пособие / Тялина Л.Н., Фёдорова Н.В., Королёв А.П. - Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010.- 100 с.

7. Полунин, В. М. Начала механики дисперсных магнитных сред: учебное пособие / В. М. Полунин [и др.]; ред. В. М. Полунин; ФГБОУ ВПО "Юго- Западный государственный университет". - Курск : Университетская книга, 2014. - 134 с. Текст : электронный.

8. Чувильдеев, В.Н. Физика новых материалов: учебное пособие / В.Н. Чувильдеев [и др.]. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 105 с.- Текст : непосредственный.

9. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/А.И.Гусев. - М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009. - 416 с.- Текст : непосредственный.

10. Суздалев, Игорь Петрович. Нанотехнология : Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - Москва :

Либроком, 2013. - 592 с. : ил. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - ISBN 978-5-297-033 89-3 : 600.00 р. - Текст : непосредственный.

11. Полуниин, В. М. Акустические свойства нанодисперсных магнитных жидкостей : монография / В М. Полуниин. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 384 с.- Текст : непосредственный.

12. Кобаяси, Н. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 134 с.- Текст : непосредственный.

### **8.3 Перечень методических указаний**

1. Наноматериаловедение : методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 28.04.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: И. В. Локтионова, П. А. Ряполов. - Курск : ЮЗГУ, 2023. - 66 с. - Загл. с титул.экрана. - Б. ц. - Текст : электронный.

2. Наноматериаловедение: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» по дисциплине «Наноматериаловедение» / ЮЗГУ; сост.: А.М. Стороженко, В.М. Полуниин. Курск: ЮЗГУ, 2017. - 10 с.

3. Наноматериаловедение: методические рекомендации по выполнению курсовых работ студентами направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» / ЮЗГУ: сост.: А.М. Стороженко, В.М. Полуниин. - Курск: ЮЗГУ, 2017.-10 с.

### **8.4 Другие учебно-методические материалы**

Отраслевые научно-технические журналы в библиотеке университета:  
 - Нанотехника;  
 - Известия Юго-Западного государственного университета;  
 - Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии.

### **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотека ЮЗГУ <http://www.lib.swsu.ru/>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/library>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://vww.biblioclub.ru>

### **10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Основными видами аудиторной работы студента при изучении дисциплины являются лекции и лабораторные занятия.

На лекциях излагаются и разъясняются основные понятия и положения каждой новой темы; важные положения аргументируются и иллюстрируются примерами из практики; объясняется практическая значимость изучаемой темы; делаются выводы; даются рекомендации для самостоятельной работы по данной теме. На лекциях необходимо задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных вопросов. В ходе лекции студент должен конспектировать учебный материал. Конспектирование лекций – сложный вид работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это лично студентом в режиме реального времени в течение лекции. Не следует стремиться записать лекцию дословно. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем кратко записать ее. Желательно заранее оставлять в тетради пробелы, куда позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно внести дополнительные записи. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, который преподаватель дает в начале лекционного занятия. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале.

Необходимым является глубокое освоение содержания лекции и свободное владение им, в том числе использованной в ней терминологией. Работу с конспектом лекции целесообразно проводить непосредственно после ее прослушивания, что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях. Работа с конспектом лекции предполагает перечитывание конспекта, внесение в него, по необходимости, уточнений, дополнений, разъяснений и изменений. Некоторые вопросы выносятся за рамки лекций. Изучение вопросов, выносимых за рамки лекционных занятий, предполагает самостоятельное изучение студентами дополнительной литературы, указанной в п.8.2.

Изучение наиболее важных тем или разделов дисциплины продолжается на лабораторных занятиях, которые обеспечивают контроль подготовленности студента; закрепление учебного материала; приобретение опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, в том числе аргументации и защиты выдвигаемых положений и тезисов.

Лабораторному занятию предшествует самостоятельная работа студента, связанная с освоением материала, полученного на лекциях, и материалов, изложенных в учебниках и учебных пособиях, а также литературе, рекомендованной преподавателем. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее

эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. При работе с источниками и литературой необходимо:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прочитанное;
- фиксировать основное содержание прочитанного текста; формулировать устно и письменно основную идею текста; составлять план, формулировать тезисы.

Самостоятельную работу следует начинать с первых занятий. От занятия к занятию нужно регулярно прочитывать конспект лекций, знакомиться с соответствующими разделами учебника, читать и конспектировать литературу по каждой теме дисциплины. Самостоятельная работа дает студентам возможность равномерно распределить нагрузку, способствует более глубокому и качественному освоению учебного материала. В случае необходимости студенты обращаются за консультацией к преподавателю. Обязательным элементом самостоятельной работы по дисциплине является самоконтроль. Одной из важных задач обучения студентов способам и приемам самообразования является формирование у них умения самостоятельно контролировать и адекватно оценивать результаты своей учебной деятельности и на этой основе управлять процессом овладения знаниями. Овладение умениями самоконтроля приучает студентов к планированию учебного труда, способствует углублению их внимания, памяти и выступает как важный фактор развития познавательных способностей. Самоконтроль включает:

- оперативный анализ глубины и прочности собственных знаний и умений;
- критическую оценку результатов своей познавательной деятельности.

Самоконтроль учит ценить свое время, позволяет вовремя заметить и исправить свои ошибки. Формы самоконтроля могут быть следующими:

- устный пересказ текста лекции и сравнение его с содержанием конспекта лекции;
- составление плана, тезисов, формулировок ключевых положений текста по памяти;
- пересказ с опорой на иллюстрации, чертежи, схемы, таблицы, опорные положения.

Самоконтроль учебной деятельности позволяет студенту оценивать эффективность и рациональность применяемых методов и форм умственного труда, находить допускаемые недочеты и на этой основе проводить необходимую коррекцию своей познавательной деятельности.

При подготовке к промежуточной аттестации по дисциплине необходимо повторить основные теоретические положения каждой изученной темы и основные термины, самостоятельно решить несколько типовых компетентностно-ориентированных задач.

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

### *Информационные технологии:*

- 1 Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека. Онлайн» – <http://biblioclub.ru>
- 2 Электронная библиотека диссертаций и авторефератов РГБ – <http://dvs.rsl.ru>
- 3 Базы данных ВИНТИ РАН – <http://viniti.ru>

### *Программное обеспечение:*

1. LabVIEW: режим доступа: свободный.
2. Gwyddion: режим доступа: свободный.
3. LibreOffice Calc: режим доступа: свободный.
4. Match: режим доступа: по подписке.
5. Excel: режим доступа: свободный.
6. AIST-NT v.3.3.91
7. SEM Control User Interface v. 3.11

### *Информационные справочные системы:*

1. Система «Гарант» <https://internet.garant.ru.>: режим доступа: по подписке.

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Аудиторные занятия по дисциплине проводятся в учебной аудитории для проведения занятий лекционного типа и лаборатории кафедры нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики,  
(наименование)

оснащенных стандартной учебной мебелью (столы и стулья для обучающихся; стол и стул для преподавателя; доска).

В образовательном процессе используется следующее лабораторное оборудование: цифровые двойники АСМ, станка Buehler Vector LC, СЭМ, ПЭМ.

Для организации образовательного процесса применяются технические средства обучения:

- Мультимедиацентр: ноутбук ASUS X50VL PMD - T2330/14"/1024Mb/160Gb/ сумка/проектор inFocus IN24+ .
- Экран мобильный Draper Diplomat 60x60.

Для осуществления практической подготовки обучающихся при реализации дисциплины используются оборудование и технические средства обучения Регионального центра нанотехнологий:

- сканирующий зондовый микроскоп AIST-NT SmartSPM;
- сканирующий электронный микроскоп JEOL 6610LV;
- порошковый рентгеновский дифрактометр GBC EMMA;
- полуавтоматический однодисковый шлифовально-полировальный станок для металлографической пробоподготовки с насадкой Vector LC.

### **13 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья учитываются их индивидуальные психофизические особенности. Обучение инвалидов осуществляется также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).

*Для лиц с нарушением слуха* возможно предоставление учебной информации в визуальной форме (краткий конспект лекций; тексты заданий, напечатанные увеличенным шрифтом), на аудиторных занятиях допускается присутствие ассистента, а также сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков. Текущий контроль успеваемости осуществляется в письменной форме: обучающийся письменно отвечает на вопросы, письменно выполняет практические задания. Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости время подготовки к ответу может быть увеличено.

*Для лиц с нарушением зрения* допускается аудиальное предоставление информации, а также использование на аудиторных занятиях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь. Текущий контроль успеваемости осуществляется в устной форме. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

*Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата*, на аудиторных занятиях, а также при проведении процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации могут быть предоставлены необходимые технические средства (персональный компьютер, ноутбук или другой гаджет); допускается присутствие ассистента (ассистентов), оказывающего

обучающимся необходимую техническую помощь (занять рабочее место, передвигаться по аудитории, прочитать задание, оформить ответ, общаться с преподавателем).

**14 Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу дисциплины**

| Номер<br>изменени<br>я | Номера страниц      |                |                    |           | Всего<br>страни<br>ц | Дат<br>а | Основание<br>для<br>изменения и<br>подпись<br>лица,<br>проводившег<br>о изменения |
|------------------------|---------------------|----------------|--------------------|-----------|----------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                        | изме-<br>ненны<br>х | замененны<br>х | аннулированны<br>х | новы<br>х |                      |          |                                                                                   |
|                        |                     |                |                    |           |                      |          |                                                                                   |