

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела и наноструктур



(П.В. Середин)

03.06.2025г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.36 Основы нанотехнологий**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки/специализация:

Физика медицинских, лазерных технологий и наноматериалов

3. Квалификация выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы:

Буйлов Никита Сергеевич, к.ф.-м.н., преподаватель

7. Рекомендована:

НМС физического факультета, протокол №5 от 30.05.2025

8. Учебный год: 2028/2029

Семестр: восьмой

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

*Целями освоения учебной дисциплины является:*

формирование у студентов целостного представления о нанотехнологии как науке, открывающей большие возможности в изучении, проектировании и получении новых элементов наноэлектроники с заданными свойствами

*Задачи учебной дисциплины:*

- ознакомление обучающихся с теоретическими и технологическими пределами уменьшения размеров электронных компонентов;

- изучение особенностей протекания физических процессов в наноразмерных структурах, их классификация по характеру ограничения в движении носителей;

- классификация методов формирования наноразмерных структур и технологические ограничения.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения:

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: часть, формируемая участниками образовательных отношений, блок Б1.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций профессиональных стандартов:

40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»

- А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований»;

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

- С/01.6 «Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур».

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

| Код  | Название компетенции                                                                                     | Код(ы) | Индикатор(ы)                                                                                                                                             | Планируемые результаты обучения                                                                                                                       |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 | Способен анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований физической направленности | ПК-1.1 | Проводит первичный поиск информации по заданной тематике (в т.ч. с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта) | Знать: способы поиска информации по заданной тематике (в т.ч. с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта) |
|      |                                                                                                          |        |                                                                                                                                                          | Уметь: провести поиск информации по заданной тематике (в т.ч. с использованием информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта) |
|      |                                                                                                          |        |                                                                                                                                                          | Владеть: навыками поиска информации по заданной тематике (в т.ч. с использованием информационных технологий)                                          |

|      |                                                                                                           |        |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                           |        |                                                                                                                                                                                                                      | с учетом отечественного и зарубежного опыта)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ПК-2 | Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок         | ПК-2.1 | Выбирает, обосновывает и реализует на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств установок различного функционального назначения | <p>Знать: эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств установок различного функционального назначения</p> <p>Уметь: выбирать и реализовать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств установок различного функционального назначения</p> <p>Владеть: навыками выбора и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем, устройств установок различного функционального назначения</p> |
| ПК-5 | Способен модернизировать существующие и внедрять новые процессы модификации наноматериалов и наноструктур | ПК-5.1 | Анализирует современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур                                                                                  | <p>Знать: современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>Уметь: оценивать современное состояние методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>Владеть: навыками анализа современного состояния методов и оборудования для проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>                                                                                                                                                                                           |

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

Форма промежуточной аттестации Экзамен

### 13. Виды учебной работы

| Вид учебной работы                     |                        | Трудоемкость |             |
|----------------------------------------|------------------------|--------------|-------------|
|                                        |                        | Всего        | Посеместрам |
|                                        |                        |              | 8 семестр   |
| Аудиторные занятия                     |                        | 84           | 84          |
| в том числе:                           | лекции                 | 36           | 36          |
|                                        | практические           | 48           | 48          |
|                                        | лабораторные           | -            | -           |
|                                        | групповые консультации | -            | -           |
| Самостоятельная работа                 |                        | 24           | 24          |
| Форма промежуточной аттестации-экзамен |                        | 36           | 36          |
| Итого:                                 |                        | 144          | 144         |

### Содержание дисциплины

| п/п                     | Наименование раздела дисциплины                               | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Лекции               |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1.1                     | Общие сведения о нанотехнологии                               | Области использования нанотехнологии. Классификация. Мировые тенденции развития                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1.2                     | Микроскопия                                                   | Виды микроскопии (оптическая, электронная, сканирующая), преимущества и недостатки, области использования. Электронная микроскопия. Виды электронных микроскопов (ТЭМ, РЭМ, РТЭМ, ЗЭМ). Сканирующая микроскопия                                                                                                                                          |
| 1.3                     | Туннельный эффект в электронике и нанотехнологиях             | Туннельный сканирующий микроскоп. Принцип действия. Режимы работы ТСМ. Разновидности ТСМ. Применение ТСМ при исследовании нанобъектов. Недостатки ТСМ. Атомарное взаимодействие                                                                                                                                                                          |
| 1.4                     | Атомный силовой микроскоп                                     | Принцип действия. Виды АСМ. Сущность процесса визуализации нанобъектов. Область применения. Нановесы. Принцип действия. Физические и технологические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов. Точность литографического процесса и воспроизводимость параметров |
| 1.5                     | Спиновые наноструктуры                                        | Принцип спиновой фильтрации потока электронов. Принципы построения и конструкции спиновых транзисторов. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе спиновых транзисторов. Механические свойства нанобъектов. Теплофизические и механические свойства                                                                                   |
| 1.6                     | Отличия от классических материалов. Закон Ома для нанобъектов | Свойства нанобъектов. Классификация частиц. Электронное и геометрическое строение наноструктур. Магнитные и каталитические свойства нанобъектов. Применение достижений нанотехнологии в различных областях деятельности человеческого общества                                                                                                           |
| 2. Практические занятия |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2.1                     | Практические занятия                                          | Исследование поверхностной структуры нанопористого кремния на растровом электронном микроскопе                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2.2                     | Практические занятия                                          | Исследование поверхностной структуры нанопористого кремния на атомно-силовом микроскопе                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.3                     | Практические занятия                                          | Углеродные нанотрубки. Перспективы развития нанотехнологий. Экономические и социальные последствия внедрения нанотехнологий.                                                                                                                                                                                                                             |

## Темы(разделы)дисциплиныивидызанятий

| № п/п | Наименование темы (раздела)дисциплины                         | Видызанятий(количествочасов) |              |              |                        |                        |       |
|-------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|-------|
|       |                                                               | Лекции                       | Практические | Лабораторные | Групповые консультации | Самостоятельная работа | Всего |
| 1     | Общие сведения нанотехнологии                                 | 6                            |              |              |                        | 4                      | 10    |
| 2     | Микроскопия                                                   | 6                            | 16           |              |                        | 4                      | 26    |
| 3     | Туннельный эффект в электронике и нанотехнологиях             | 6                            |              |              |                        | 4                      | 10    |
| 4     | Атомный силовой микроскоп                                     | 6                            | 16           |              |                        | 4                      | 26    |
| 3     | Спиновые наноструктуры                                        | 6                            |              |              |                        | 4                      | 10    |
| 6     | Отличия от классических материалов. Закон Ома для нанобъектов | 6                            | 16           |              |                        | 4                      | 26    |
|       | Итого:                                                        | 36                           | 48           |              |                        | 24                     | 108   |

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

Изучение дисциплины «Основы нанотехнологий» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ-демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятое во время лекции положение могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения с предметом и явлениями, имеющимися;
- представлять возможности и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;
- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать на досжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задачи ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Основы нанотехнологии» включает в себя:

подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнении лабораторных работ, подготовку к зачету

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                         |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Лучинин В.В., Корляков А.В., Кривошеева А.Н., Процессы микро- и нанотехнологии: Учеб.-метод. комплекс. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 257 с. |
| 2.    | Суздальев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. - М.: КомКнига, 2006. - 592 с.                         |

|     |                                                                                                                                                                                     |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.  | Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 416 с.                                                                          |
| 4.  | Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы / Под ред. Лучинина В. В., Таирова Ю. М. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 552 с.                                                     |
| 5.  | Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения, Сборник под ред. П. П. Мальцева, Москва: Техносфера, 2008. - 432 с.                                       |
| 6.  | Нанотехнологии в электронике, под ред. Ю. А. Чаплыгина, М.: Техносфера, 2005, - 448 с.                                                                                              |
| 7.  | Мошников В. А., Спивак Ю. М. Корпускулярно-полевая технология и диагностика: Учеб.-метод. комплекс. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 230 с.                                       |
| 8.  | Старостин В. В. Материалы и методы нанотехнологии. Учебное пособие [Текст] / В. В. Старостин. - М.: БИНОМ, 2016. - 431 с.                                                           |
| 9.  | Б. Л. Агапов, Т. В. Куликова, Растровая электронная микроскопия, Учебно-методическое пособие для вузов, Воронеж, Издательский дом ВГУ, 2018.                                        |
| 10. | Рентгенографический и электронно-оптический анализ. С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев.: Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд. доп. и перераб. - М.: МИСИС, 1994. - 328 с. |
| 11. | В. Л. Миронов «Основы сканирующей зондовой микроскопии» – учебное пособие для студентов высших учебных заведений Нижний Новгород, ИФМ РАН, 2004 г.                                  |

б) дополнительная литература:

| №п/п | Источник                                                                                                    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | Технология СБИС: В2-хкн. Кн. 1. Персангл./Под ред. С. Зи.-М.: Мир, 1986.-404с.                              |
| 2.   | Гутов В. А. Физикатвердотеладляинженеров: учебное пособие. Издание 2-е, доп.-М.: Техносфера, 2012. - 560 с. |
| 3.   | И. Броддай, Д. Мерей, Физические основы микротехнологии: Пер. с англ.-М.: Мир, 1985.-496с.                  |

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

| №п/п | Ресурс                                                                                             |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> -ЗНБ ВГУ                                 |
| 2.   | <a href="http://www.moodle.vsu.ru">http://www.moodle.vsu.ru</a>                                    |
| 3.   | <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a> -ЭБС «Лань»                              |
| 4.   | <a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a> -ЭБС «Университетская библиотека онлайн» |
| 5.   | <a href="http://journals.ioffe.ru">http://journals.ioffe.ru</a>                                    |
| 6.   | Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>      |

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

| №п/п | Источник                                                                                                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | Рентгенографический и электронно-оптический анализ. С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев.: Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд. доп. и перераб. - М.: МИСИС, 1994. - 328 с. |
| 2.   | В. Л. Миронов «Основы сканирующей зондовой микроскопии» – учебное пособие для студентов высших учебных заведений Нижний Новгород, ИФМ РАН, 2004 г.                                  |

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; лабораторные работы, индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ-демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лаборатория рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа: рентгеновский спектрометр-монокроматор РСМ-500; Рентгеновский дифрактометр ДРОН - 4-07; рентгеновский дифрактометр Радиан ДР-023; Спектрометр универсальный рентгеновский «Реном» СУР-01.

Совместная лаборатория физики наногетероструктур и полупроводниковых материалов: Установк для измерения параметров полупроводниковых материалов на эффекте Холла HMS- 2000; Рамановский спектрометр РамМикс 532.

Лаборатория электронной микроскопии ЦКП НО ВГУ: Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6380LV с микроанализатором Oxford Instruments.

Лаборатория инфракрасной спектроскопии ЦКП НО ВГУ: ИК-Фурье спектрометр Vertex-70-1 шт; Спектрофотометр LAMBDA\_650.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

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

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

| № п/п                                                | Наименование раздела дисциплины (модуля)                      | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства              |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1.                                                   | Общие сведения о нанотехнологии                               | ПК-1           | ПК-1.1                              | Опрос                           |
| 2.                                                   | Микроскопия                                                   | ПК-1           | ПК-1.1                              | Практические занятия 2.1        |
|                                                      |                                                               | ПК-2           | ПК-2.1                              |                                 |
|                                                      |                                                               | ПК-5           | ПК-5.1                              |                                 |
| 3.                                                   | Туннельный эффект в электронике и нанотехнологиях             | ПК-1           | ПК-1.1                              | Опрос                           |
|                                                      |                                                               | ПК-2           | ПК-2.1                              |                                 |
| 4.                                                   | Атомный силовой микроскоп                                     | ПК-1           | ПК-1.1                              | Опрос, Практические занятия 2.2 |
|                                                      |                                                               | ПК-2           | ПК-2.1                              |                                 |
|                                                      |                                                               | ПК-5           | ПК-5.1                              |                                 |
| 5.                                                   | Спиновые наноструктуры                                        | ПК-1           | ПК-1.1                              | Опрос                           |
|                                                      |                                                               | ПК-2           | ПК-2.1                              |                                 |
| 6.                                                   | Отличия от классических материалов. Закон Ома для нанобъектов | ПК-1           | ПК-1.1                              | Опрос, Практические занятия 2.3 |
|                                                      |                                                               | ПК-2           | ПК-2.1                              |                                 |
|                                                      |                                                               | ПК-5           | ПК-5.1                              |                                 |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля - экзамен |                                                               |                |                                     | Перечень вопросов               |

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

### Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: отчеты о выполнении практических работ.

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения практических работ, на основе которых выставляется предварительная оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно*



| Критерии оценивания компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Уровень сформированности компетенций | Шкала предварительных оценок |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для выполнения тестовых решений практических задач при выполнении лабораторных работ | Повышенный уровень                   | <i>Отлично</i>               |
| Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестовых и лабораторных задач                                                                                                                                      | Базовый уровень                      | <i>Хорошо</i>                |
| Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания                                                                                                                                                                        | Пороговый уровень                    | <i>Удовлетворительно</i>     |
| Неудовлетворительное выполнение тестовых заданий. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при выполнении практических задач лабораторных работ                                                                                                                            | —                                    | <i>Неудовлетворительно</i>   |

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса по вопросам к зачёту с учетом предварительной.

### **Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Области использования нанотехнологии. Классификация. Мировые тенденции развития
2. Виды микроскопии (оптическая, электронная, сканирующая), преимущества и недостатки, области использования.
3. Электронная микроскопия. Виды электронных микроскопов (ТЭМ, РЭМ, РТЭМ, ЗЭМ).
4. Сканирующая микроскопия. Туннельный сканирующий микроскоп. Принцип действия. Режимы работы ТСМ.
5. Разновидности ТСМ. Применение ТСМ при исследовании нанообъектов. Недостатки ТСМ.
6. Атомарное взаимодействие. Принцип действия. Виды АСМ. Сущность процесса визуализации нанообъектов. Область применения.
7. Нановесы. Принцип действия. Физические и технологические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники.
8. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов. Точность литографического процесса и воспроизводимость параметров
9. Принцип спиновой фильтрации потока электронов.
10. Принципы построения конструкции спиновых транзисторов.
11. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе спиновых транзисторов. Механические свойства нанообъектов.
12. Теплофизические и механические свойства
13. Свойства нанообъектов. Классификация частиц.
14. Электронное и геометрическое строение наноструктур. Магнитные и каталитические свойства нанообъектов.
15. Применение достижений нанотехнологии в различных областях деятельности человеческого общества

## Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Оценка уровня освоения дисциплины «Основы нанотехнологий» осуществляется по следующим показателям:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей. Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Основы нанотехнологий» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.