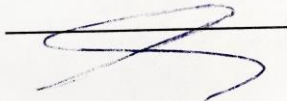


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур
(Середин П.В.)

31.08.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.13 Основы нанотехнологий

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки / специализация/магистерская программа:

Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация (степень) 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: кафедрой физики твердого тела и наноструктур, протокол
№1 от 28.08.2020г.

8. Учебный год: 2024/25

Семестр: 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Цели и задачи дисциплины:

Целью преподаваемой дисциплины является формирование у студентов целостного представления о нанотехнологии как о науке, открывающей большие возможности в изучении, проектировании и получении новых элементов нанoeлектроники с заданными свойствами

Основными задачами дисциплины является:

- ознакомление обучающихся с теоретическими и технологическими пределами уменьшения размеров электронных компонентов;
- изучение особенностей протекания физических процессов в наноразмерных структурах, и их классификация по характеру ограничения в движении носителей;

- классификация методов проектирования, формирования и анализа качества наноразмерных структур и технологические ограничения.

В результате изучения курса студент должен:

знать:

- общие сведения о нанотехнологии как о науке, область ее применения;
- практические подходы и ограничения для проектирования и формирования наноструктур;

- методы контроля качества наноструктур.

уметь:

- применять теоретические знания для проектирования наноструктур;
- выбирать составы и прогнозировать свойства наноматериалов;
- выбирать методы формирования и контроля качества наноматериалов.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 «Основы нанотехнологий» относится к вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

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

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-3	готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	знать: теоретические основы и методы физических исследований уметь: применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований владеть: навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований
ПК-5	способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	знать: современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации уметь: пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований владеть: навыками использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 3/108.

Форма промежуточной аттестации экзамен

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)
--------------------	---------------------

	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам
			№ сем. 7
Аудиторные занятия	24		24
в том числе: лекции	24		24
практические			
лабораторные			
Самостоятельная работа	48		48
Контроль	36		36
Итого:	108		108
Форма промежуточной аттестации	экзамен		экзамен

13.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	Раздел 1. Общие сведения о нанотехнологиях, область их применения.	Области использования нанотехнологии. Классификация. Мировые тенденции развития. Свойства нанообъектов. Классификация частиц. Электронное и геометрическое строение наноструктур. Магнитные и каталитические свойства нанообъектов. Применение достижений нанотехнологии в различных областях деятельности человеческого общества
2.	Раздел 2. Основные сложности и ограничения проектирования, синтеза и исследования наноматериалов.	Принцип спиновой фильтрации потока электронов. Принципы построения и конструкции спиновых транзисторов. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе спиновых транзисторов. Механические свойства нанообъектов. Теплофизические и механические свойства. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов. Точность литографического процесса и воспроизводимость параметров
3.	Раздел 3. Основные методы синтеза наноматериалов, их возможности и ограничения.	Физические основы технологии получения тонких пленок. Общие сведения. Перенос носителей заряда в тонких пленках. Термическое вакуумное напыление. Ионное распыление. Эпитаксия. Применение ионных пучков для выращивания тонких аморфных пленок. Выращивание тонких пленок методом золь-гель-технологии.
4.	Раздел 4. Основные методы анализа наноматериалов, их возможности и ограничения.	Виды микроскопии (оптическая, электронная, сканирующая), преимущества и недостатки, области использования. Электронная микроскопия. Виды электронных микроскопов (ТЭМ, РЭМ, РТЭМ, ЗЭМ). Сканирующая микроскопия Туннельный сканирующий микроскоп. Принцип действия. Режимы работы ТСМ. Разновидности ТСМ. Применение ТСМ при исследовании нанообъектов. Недостатки ТСМ. Атомарное взаимодействие. Атомный силовой микроскоп, принцип действия. Виды АСМ Сущность процесса визуализации нанообъектов. Область применения. Физические и технологические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Контроль	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Раздел 1.	4	6		6	16
2.	Раздел 2.	4	10		14	28

3.	Раздел 3.	8	10		14	32
4.	Раздел 4.	8	10		14	32
	Итого:	24	36		48	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.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки. 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 студента 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 студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов 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 студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако, как бы хорошо не обучались учащиеся 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 студентом 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 студента предполагает наличие следующих составляющих:

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

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии (по образовательным формам): лекции и 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-бакалавров. Студентам, 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 понятые во время лекции положения 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 о предмете или явлении с уже имеющимися;

- представлять возможность 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 оно 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 неизвестное, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;

- записывать надо сжато;

- 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, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей экзамена по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа студента-бакалавра при изучении дисциплины «Основы нанотехнологий» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, выполнение курсовой работы, подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы, подготовку к итоговой аттестации.

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин ; художник И. Е. Марев. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 400 с. — ISBN 978-5-906828-26-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176415 (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Смирнов, В. И. Физические основы нанотехнологий и наноматериалы : учебное пособие / В. И. Смирнов. — Ульяновск : УлГТУ, 2017. — 240 с. — ISBN 978-5-9795-1731-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/165058 (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Иванов, А. С. Физические основы микро- и нанотехнологии : учебное пособие / А. С. Иванов, Г. И. Пахомов. — Пермь : ПНИПУ, 2011. — 311 с. — ISBN 978-5-398-00638-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160409 (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Бублик, В. Т. Методы исследования материалов и структур в электронике. Рентгеновская дифракционная микроскопия : учебное пособие / В. Т. Бублик, А. М. Мильвидский. — Москва : МИСИС, 2006. — 93 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/117093 (дата обращения: 17.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Суворов, Э. В. Физические основы экспериментальных методов исследования реальной структуры кристаллов : учебное пособие / Э. В. Суворов ; составители «Металловедение и термическая. — Черноголовка : ИФТТ РАН!, 2021. — 209 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181358 (дата обращения: 17.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Стожаров, В. М. Физика рентгеновского излучения : учебное пособие для вузов / В. М. Стожаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-8753-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/197544 (дата обращения:

	17.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7	Фадейкина, И. Н. ИК-спектроскопия с преобразованием Фурье : учебное пособие / И. Н. Фадейкина, Н. А. Полотнянко. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2021. — 66 с. — ISBN 978-5-89847-626-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/196911 (дата обращения: 17.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
8	Кузьмичева, Г. М. Методы диагностики объектов разной размерности с применением синхротронного излучения : учебное пособие / Г. М. Кузьмичева. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/226706 (дата обращения: 17.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9	Хомутова, Е. Г. Стандартизация и метрология в приоритетных технологиях : учебное пособие / Е. Г. Хомутова, А. А. Спиридонова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 107 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/218813 (дата обращения: 17.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
10	Материалы и методы нанотехнологий: учеб. пособие / А. А. Ремпель, А. А. Валеева. // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 136 с.

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

№ п/п	Ресурс
11	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
12	НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА http://elibrary.ru
13	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
14	Научный журнал «Физика твердого тела» https://journals.ioffe.ru/journals/1

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Физические основы электроники: определение основных параметров полупроводниковых материалов : учебно-методическое пособие / сост.: П.В. Середин, В.А. Терехов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. – 35 с.
2	Физические основы электроники: температурные и магнитные свойства полупроводников : учебно-методическое пособие / сост.: П.В. Середин, В.А. Терехов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2020. – 34 с.
3	Исследование особенностей атомного и электронно-энергетического строения металлов, полупроводников и диэлектриков: учебно-методическое пособие / сост.: Ю.А. Юраков [и др.]. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2021. – 63 с.
4	Рентгеновская дифрактометрия нанокристаллов / Ю.А. Юраков, С. Ю. Турищев, О. А. Чувенкова, С.А. Ивков, В.В. Логачев // Учебное пособие. Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2019, - 59 с. ISBN 978-5-9273-2913-7
5	Спектроскопия рентгеновского поглощения наноструктурированных материалов Часть 1 / С. Ю. Турищев, В. А. Терехов, О. А. Чувенкова, Э. П. Домашевская // Учебное пособие для вузов. Воронежский государственный университет. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015, - С.42. ISBN 978-5-9273-2268-8

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

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, проведение измерений 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.).

№ п/п	Источник
1	Интернет-ресурс Nanotechnology News Network https://www.nanonewsnet.ru/
2	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
3	НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА http://elibrary.ru

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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

19. Фонд оценочных средств:

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

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-3	знать: теоретические основы и методы физических исследований уметь: применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований владеть: навыками применения на практике профессиональных знаний теории и методов физических исследований	Раздел 1. Общие сведения о нанотехнологиях, область их применения. Раздел 2. Основные сложности и ограничения проектирования, синтеза и исследования наноматериалов.	Комплект КИМ
ПК-5	знать: современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации уметь: пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований владеть: навыками использования современных методов обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	Раздел 3. Основные методы синтеза наноматериалов, их возможности и ограничения. Раздел 4. Основные методы анализа наноматериалов, их возможности и ограничения.	
Промежуточная аттестация, форма контроля – экзамен			Комплект КИМ

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

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: устный опрос, отчеты о выполнении лабораторных работ, реферат, выполнение заключительной научной работы 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 тестов решения практических задач при выполнении лабораторных работ, предоставил реферат и научный отчет	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении тестов и лабораторных задач, предоставил реферат и научный отчет с незначительными недочетами	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен проходить тестирование и выполнять лабораторные задания, предоставил реферат	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>

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.

19.3 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень вопросов к экзамену (комплект КИМ)

Билет 1

1. Области использования нанотехнологии. Классификация. Мировые тенденции развития.
2. Принцип действия. Режимы работы ТСМ.

Билет 2

1. Свойства нанобъектов. Классификация частиц.
2. Сканирующая микроскопия Туннельный сканирующий микроскоп.

Билет 3

1. Электронное и геометрическое строение наноструктур. Магнитные и каталитические свойства нанобъектов.
2. Электронная микроскопия. Виды электронных микроскопов (ТЭМ, РЭМ, РТЭМ, ЗЭМ).

Билет 4

1. Применение достижений нанотехнологии в различных областях деятельности человеческого общества
2. Выращивание тонких пленок методом золь-гель-технологии.

Билет 5

1. Принцип спиновой фильтрации потока электронов.
2. Применение ионных пучков для выращивания тонких аморфных пленок.

Билет 6

1. Принципы построения и конструкции спиновых транзисторов.
2. Ионное распыление. Эпитаксия.

Билет 7

1. Интегральные логические элементы и элементы памяти на основе спиновых транзисторов.
2. Термическое вакуумное напыление.

Билет 8

1. Механические свойства нанобъектов. Теплофизические и механические свойства.
2. Перенос носителей заряда в тонких пленках.

Билет 9

1. Физические ограничения в технологии производства электронных компонентов. Точность литографического процесса и воспроизводимость параметров
2. Физические основы технологии получения тонких пленок. Общие сведения.

Билет 10

1. Виды микроскопии (оптическая, электронная, сканирующая), преимущества и недостатки, области использования.
2. Разновидности ТСМ. Применение ТСМ при исследовании нанобъектов. Недостатки ТСМ.

Билет 11

1. Физические основы технологии получения тонких пленок. Общие сведения.
2. Атомарное взаимодействие. Атомный силовой микроскоп, принцип действия.

Билет 12

1. Физические и технологические пределы уменьшения размеров элементов микроэлектроники.
2. Виды АСМ Сущность процесса визуализации нанобъектов. Область применения.

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.