

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



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физики полупроводников и микроэлектроники

*(Е.Н.Бормонтов)*

31.08.2022

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

*2.1.1.3 Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств*

**1. Шифр и наименование специальности:**

*2.2.2 «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств»*

**2. Форма образования:** очная

**3. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *физики полупроводников и микроэлектроники*

**4. Составители программы:** *Бормонтов Евгений Николаевич, д.ф.-м.н., профессор*

**5. Рекомендована:** Ученым советом физического факультета, протокол № 6 от 26.06.2022

**6. Учебный год:** 2023-2024

**Семестр:** 7

**7. Цели и задачи учебной дисциплины:** Цель дисциплины состоит в изучении современных конструкций и методов проектирования устройств микро- и наноэлектроники, изучении способов повышения степени интеграции и увеличения быстродействия на основе использования трехмерных интегральных схем, изучении физических явлений, лежащих в основе квантовых устройств наноэлектроники.

**8. Место учебной дисциплины в структуре ППО:** Данная дисциплина относится к образовательному компоненту Блока 2, Дисциплины (модули), направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов.

**9. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

Компетенции		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование	
ОК-5	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационных технологий	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы функционирования приборов микро- и наноэлектроники, квантовых устройств.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов и структур при проектировании и создании систем микро- и наноэлектроники, квантовых устройств;</li> <li>- выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе исследовательской деятельности</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами оформления литературного обзора, качественных и количественных результатов исследований</li> </ul>
НК-1	Свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач в области микро и наноэлектроники	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физическую сущность процессов и явлений, протекающих в системах микро- и наноэлектроники;</li> <li>- современные методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации компонентной базы микро- и наноэлектроники с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств микро- и наноэлектроники;</li> <li>- анализировать и систематизировать результаты исследований.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров;</li> <li>- методами проектирования электронной компонентной базы и технологических процессов микро- и наноэлектроники</li> </ul>
НК-2	Использовать знания о	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современное состояние микро- и наноэлектроники;</li> </ul>

	<p>современных проблемах, новейших достижениях физики для решения научно - исследовательских задач в области микро- и нанoeлектроники</p>	<p>- методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения, способы анализа и систематизации результатов исследований</p> <p>- современное состояние развития информационных технологий для анализа больших объемов экспериментальных данных, систем численных расчетов и численного моделирования физических процессов</p> <p><i>Уметь:</i></p> <p>- учитывать современные тенденции развития микро- и нанoeлектроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при моделировании и проектировании изделий и устройств микро- и нанoeлектроники</p> <p>- аргументированно выбирать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения,</p> <p>- проводить расчеты физических характеристик различных материалов микро- и нанoeлектроники</p> <p><i>Владеть:</i></p> <p>- методами теоретического и экспериментального анализа, компьютерным моделированием устройств микро- и нанoeлектроники</p>
--	---	---

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

**11. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)
Всего часов	108
в том числе:	
Контактная работа	18
Самостоятельная работа	81
Контроль	9
Форма промежуточной аттестации	экзамен
Итого:	108

## 12. Содержание разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение	Введение. Перспективные направления микро- и нанoeлектроники
1.2	Короткоканальные эффекты в субмикронных МОП-транзисторах	Физическая структура субмикронного МОП-транзистора. Критерии короткого канала. Модуляция длины канала. Подвижность носителей в канале субмикронных МОП-транзисторов. Горячие носители в канале МОП-транзистора. Снижение порогового напряжения, индуцированное стоком. Влияние сопротивления подложки на ВЧ-характеристики МОП-транзистора. Токи утечки, индуцированные затвором и истоком. Эффект обеднения в поликремниевом затворе. Эффект квантования инверсионного слоя. Эффекты неоднородного легирования. Динамический сдвиг порогового напряжения при использовании диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью.
1.3	КМОП ИС	Расчет устойчивости КМОП-инвертора: порог переключения, запас помехоустойчивости. Динамическое поведение КМОП-инвертора: расчет емкости, задержка распространения, динамическое потребление мощности. Комбинационные логические элементы на КМОП. Быстродействие и рассеяние мощности в комбинационных элементах. Моделирование сложных логических схем. Паразитные эффекты в системе металлизации УБИС: паразитные емкости, сопротивления, индуктивности, улучшенные техники межсоединений.
1.4	Трехмерные интегральные схемы	Классификация 3D ИС. Способы реализации 3D ИС: способы сращивания пластин, переходные отверстия, вертикальная интеграция в пределах одного слоя. Принципы распределения элементов между слоями 3D ИС для минимизации паразитных эффектов в УБИС. 3D-проектирование.
1.5	Квантоворазмерные эффекты в нанoeлектронике	Классификация низкоразмерных объектов. Энергетический спектр электронов в низкоразмерных областях. Сверхрешетки. Спиновые явления в многослойных структурах и магнитных полупроводниках: гигантское магнетосопротивление, спинзависимая инжекция на границе металл-полупроводник, спиновый транспорт в полупроводниках.
1.6	Устройства нанoeлектроники	Устройства нанoeлектроники: резонансно-туннельный диод, НЕМТ - транзисторы, НВТ – транзисторы, одноэлектронные устройства, спиновый полевой транзистор. Молекулярная электроника: направления применения, классификация элементов молекулярной электроники.
1.7	Графеновая электроника	Свойства графена. Физические свойства носителей заряда в графене. Поверхностные состояния в графеновых структурах. Перспективы применения графена в аналоговой и ВЧ электронике. Моделирование полевых транзисторов на основе графена. Малосигнальные характеристики графеновых транзисторов.

**13. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лекции	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	2	10	16
2	Короткоканальные эффекты в субмикронных МОП-транзисторах	4	12	24
3	КМОП ИС	4	13	24
4	Трехмерные интегральные схемы	2	12	18
5	Квантоворазмерные эффекты в нанoeлектронике	2	12	22
6	Устройства нанoeлектроники	2	12	22
7	Графеновая электроника	2	10	18
	Контроль			9
	Итого:	18	81	108
			Итого по курсу:	108

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:**

Изучение дисциплины «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения преподавателем и самостоятельной учебной деятельности по изучению дисциплины.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы. Обучающимся, чтобы хорошо овладеть 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.

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.

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.

Результат обучения и самостоятельной работы 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).

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Физические основы микро- и наноэлектроники : учебное пособие / А. А. Дурнаков ; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 247 с.</i>
2	<i>Современные устройства и элементы наноэлектроники : учебно-методическое пособие / Е. А. Бунтов, А. С. Вохминцев, Т. В. Штанг ; Мин-во науки и высш. образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 132 с.</i>
3	<i>Щука, А.А. Наноэлектроника: Учебное пособие / А.А. Щука. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. - 342 с.</i>
4	<i>Парфенова Е.Л. Физические основы микро- и наноэлектроники : учебное пособие : [для студ. вузов] / Е.Л. Парфенова, Л.А. Терентьева, М.Г. Хусаинов. — Ростов-на-Дону : Феникс, 2012. — 234 с.</i>
5	<i>Физика низкоразмерных систем: учебное пособие / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуев, С. Ф. Мусихин, С. А. Рыков. — СПб. : Наука, 2001. — 154 с. / Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a></i>
6	<i>Б Новиков, Ю.Н. Микросхемотехника и наноэлектроника: Учебное пособие / Ю.Н. Новиков. - СПб.: Лань П, 2016. - 528 с.</i>
7	<i>Драгунов В. П. Основы наноэлектроники : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. — М. : Физматкнига : Логос, 2006. — 494 с. / Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a></i>
8	<i>Аплеснин С. С. Основы спинтроники: учебное пособие / С.С. Аплеснин. — СПб. : Лань, 2010. — 287с. / Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a></i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
9	<i>Писарев А.Д., Удовиченко С.Ю. Биоморфный нейропроцессор на основе наноразмерного комбинированного мемристорно-диодного кроссбара / А.Д. Писарев, С.Ю. Удовиченко ; М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. — 228 с.</i>
10	<i>Мишина, Е. Д. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов ; под редакцией А. С. Сигова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 187 с. — ISBN 978-5-93208-545-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/166740">https://e.lanbook.com/book/166740</a></i>
11	<i>. Казённов Г.Г. Основы проектирования интегральных схем и систем / Г.Г.Казённов. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 295 с.</i>
12	<i>Advances in solid state physics : with 175 figures and 2 tables / Rolf Haug (Ed.). — Berlin : Springer, 2008. — XV, 347 p.</i>

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

№ п/п	Источник
13	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
14	<a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> – Образовательный портал "Электронный университет ВГУ"
15	<URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07094.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07094.pdf</a> >.
16	<URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-194.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-194.pdf</a> >.

## 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Усанов Д. А. Компьютерное моделирование наноструктур: учеб. пособие / Д. А. Уса-нов, Ал. В. Скрипаль, Ан. В. Скрипаль, А. В. Абрамов. – Саратов: СГУ, 2013. – 100 с.
2	Усанов Д. А. Компьютерное моделирование наноструктур: учеб. пособие / Д. А. Уса-нов, Ал. В. Скрипаль, Ан. В. Скрипаль, А. В. Абрамов. – Саратов: СГУ, 2013. – 100 с.
3	Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова .— Воронеж, 2015 .— 22 с.
4	Основы научных исследований: теория и практика : учебное пособие для студ. вузов / В.А. Тихонов [и др.] .— М. : Гелиос АРВ, 2006 .— 349 с.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебного процесса по дисциплине:

№ п/п	Источник
1	<a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
2	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для осуществления научно-исследовательской деятельности используется лабораторный фонд кафедры физики полупроводников и микроэлектроники физического факультета университета по моделированию и приборно-технологическому проектированию современных изделий электронной техники, научно-исследовательских подразделений физического факультета, лабораторий Центра коллективного пользования ВГУ, а также профильных организаций:

- лаборатория вычислительных систем и математического моделирования: компьютеры Pentium Dual Core (10 шт.);
- лаборатория СВЧ и МДП приборов: измерители характеристик полупроводниковых приборов Л2-56 (3 шт.), измерители RLC E7-12 (2 шт.), осциллографы С1-68 (3 шт.), источники питания 13PP30-30 (2 шт.), генераторы импульсов Г5-54 (2 шт.);
- лаборатория физики полупроводников: цифровые осциллографы АК ИП 4115/4А (6 шт.), функциональные генераторы Rigol DG1022 (6 шт.), учебный комплекс NI Elvis II, автоматизированный лабораторный стенд для исследования эффекта Холла, источники питания 13PP-30-30 (3 шт.), генератор сигналов Г4-153, компьютеры Pentium Dual Core (4 шт.);
- учебная лаборатория технологии полупроводниковых материалов и приборов: пост вакуумный универсальный ВУП-4, установка вакуумного многослойного напыления УВН-2М-1;
- учебная лаборатория неразрушающих методов контроля: макет установки эллипсометрии;
- лаборатория плазменной технологии: автомат индивидуальной плазмохимической обработки "Плазма-125М";
- лаборатория микро- и нанодизайна в электронике: компьютеры Pentium Dual Core (3 шт.).

Для проведения численных расчетов зонных спектров и электронного строения имеются программные пакеты Wien2k и Gaussian 7. Проектирование технологии и топологии приборов микро- и наноэлектроники проводятся с использованием современных средств приборно-технологического и

схемотехнического проектирования ISE TCAD (Sentaurus), Cadence, Microwave, Tanner, LabView.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного - мультимедийный кабинет кафедры ФППИМЭ: стационарный мультимедийный проектор AcerX125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт.

Аудитория для самостоятельной работы аспирантов: сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт., подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования планируемых результатов обучения:

Код и содержание компетенции	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)
ОК-5 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Знать принципы функционирования приборов микро- и нанозлектроники, квантовых устройств	Разделы 1.1, 1.3, 1.4, 1.7	
	Уметь использовать закономерности для реализации потенциальных возможностей материалов и структур при проектировании и создании систем микро- и нанозлектроники	Разделы 1.2, 1.5, 1.6	
	Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе исследовательской деятельности	Разделы 1.2-1.7	
	Владеть методами оформления литературного обзора, качественных и количественных результатов исследований	Разделы 1.1-1.7	
НК-1 Свободно владеть фундаментальными и разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских	Знать современные методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации компонентной базы микро- и нанозлектроники с использованием систем автоматизированного	Разделы 1.2-1.4, 1.6	



задач в области микро и наноэлектроники	проектирования и компьютерных средств		
	Уметь разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств микро- и наноэлектроники; -анализировать и систематизировать результаты исследований	Разделы 1.2, 1.4, 1.5, 1.7	
	Владеть методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров;	Разделы 1.2-1.4, 1.6	
	Владеть методами проектирования электронной компонентной базы и технологических процессов микро- и наноэлектроники	Разделы 1.2, 1.4, 1.6	
ПК-3 - способность исследовать новые процессы и явления в области твердотельной электроники, позволяющие повысить эффективность радиоэлектронных компонент, приборов микро- и нано-электроники, приборов на квантовых эффектах	Знать физическую сущность процессов и явлений, протекающих в системах микро- и наноэлектроники;	Разделы 1.2, 1.5	
	Знать - современные методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации компонентной базы микро- и наноэлектроники с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств	Разделы 1.3, 1.4, 1.6	
	Уметь - разрабатывать физические и математические модели приборов и устройств микро- и наноэлектроники; -анализировать и систематизировать результаты исследований	Разделы 1.2, 1.3, 1.4, 1.6	
	Уметь - анализировать и систематизировать результаты исследований	Разделы 1.1, 1.4, 1.6, 1.7	

	Владеть методами математического моделирования приборов и технологических процессов с целью оптимизации их параметров	Разделы 1.4, 1.6	
	Владеть методами проектирования электронной компонентной базы и технологических процессов микро- и нанoeлектроники	Разделы 1.3, 1.4, 1.6	
НК-2 Использовать знания современных проблем, новейших достижениях физики для решения научно - исследовательских задач в области микро- и нанoeлектроники	Знать современное состояние микро- и нанoeлектроники	Разделы 1.1, 1.4, 1.6, 1.7	
	Знать методики экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения, способы анализа и систематизации результатов исследований	Разделы 1.2 – 1-7	
	Знать современное состояние развития информационных технологий для анализа больших объемов экспериментальных данных, систем численных расчетов и численного моделирования физических процессов	Разделы 1.1, 1.6, 1.7	
	Уметь учитывать современные тенденции развития микро- и нанoeлектроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при моделировании и проектировании изделий и устройств микро- и нанoeлектроники	Разделы 1.1, 1.4, 1.6, 1.7	
	Уметь аргументированно выбирать эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок микро- и нанoeлектроники различного функционального назначения	Разделы 1.2-1.6	
	Уметь проводить расчеты физических характеристик различных	Разделы 1.2-1.6	

	материалов микро- и наноэлектроники		
	Владеть методами теоретического и экспериментального анализа, компьютерным моделированием устройств микро- и наноэлектроники	Разделы 1.2-1.7	
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>			

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

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники» осуществляется по следующим показателям:

- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Физические основы микро- и наноэлектроники»:

– оценка *«отлично»* выставляется при полном соответствии работы 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 или в случае предоставления отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. 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 «Физические основы микро- и наноэлектроники» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если обучающийся 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.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала 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 решения практических задач	Повышенный уровень	<i>Отлично</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических задач	Базовый уровень	<i>Хорошо</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять практические задания	Пороговый уровень	<i>Удовлетворительно</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем (четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при проектировании практических задач	–	<i>Неудовлетворительно</i>

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

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с П ВГУ 2.1.04-2015 Положение о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса с использованием тестов, выполнения лабораторных работ. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с П ВГУ 2.1.07-2015 Положение о проведении промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющие оценить степень сформированности умений, навыков и опыт деятельности.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.