

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Профиль «Промышленная электроника»  
РПД ФТД.02 «Нанoeлектроника»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**УТВЕРЖДАЮ**

Зам. директора  
по учебно-методической работе  
филиала ФГБОУ ВО  
«ННУ «МЭИ» в г. Смоленске

В.В. Рожков

« 20 21 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Нанoeлектроника**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки (специальность): **11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»**

Профиль: **«Промышленная электроника»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**

Нормативный срок обучения: **4 года 11 месяцев**

Форма обучения: **заочная**

Год набора: **2022**

Смоленск

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Профиль «Промышленная электроника»  
РПД ФТД.02 «Нанoeлектроника»



Программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки / специальности 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России от «19» сентября 2017 г. № 927

**Программу составил:**

Старший преподаватель кафедры  
«Электроники и микропроцессорной техники»

  
\_\_\_\_\_   
подпись

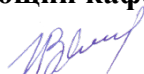
Смолин Владимир Алексеевич  
ФИО

«28» сентября 2021 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электроники и микропроцессорной техники»

«29» сентября 2021 г., протокол № 1

**Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники»:**



\_\_\_\_\_   
подпись

Якименко Игорь Владимирович  
ФИО

«08» октября 2021 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе  
с ЛОВЗ и инвалидами**



\_\_\_\_\_   
подпись

Зуева Елена Владимировна  
ФИО

«08» октября 2021 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению бакалавриата 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачи:** изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Наноэлектроника» является факультативом.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Б1.В.02 «Магнитные элементы электронных устройств», Б1.В.06 «Схемотехника линейных устройств», Б2.В.01(У) «Ознакомительная практика».

Перечень дисциплин, знания, умения и навыки, которых формируются параллельно с данной дисциплиной: Б1.В.ДВ.03.01 «Антенны и техника СВЧ», Б1.В.ДВ.03.02 «Схемотехника СВЧ», Б2.В.03(Н) «Научно-исследовательская работа».

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: Б1.В.12 «Средства отображения информации», Б3.01 «Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы».

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК-1.1 Строит простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает: как строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Умеет: строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения Владеет: методами строительства простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПК-1.2 Использует стандартные программные средства компьютерного моделирования	Знает: как использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования Умеет: использовать стандартные

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Профиль «Промышленная электроника»  
РПД ФТД.02 «Наноэлектроника»



		<i>программные средства их компьютерного моделирования Владеет: методами использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования</i>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Направление подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
 Профиль «Промышленная электроника»  
 РПД ФТД.02 «Нанoeлектроника»



#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Структура дисциплины:

Индекс	Наименование	Форма контроля							з.е.		-	Итого акад. часов						Курс 4									
		Экзаме н	Заче т	Заче т с оц.	К Р	Контр л.	Рефера т	РГ Р	Экспертно е	Факт .		Часо в в з.е.	Экспертно е	По план у	Контакт . часы	С Р	Контрол ь	Сессия 3					Курс 4				
																		з.е. на курсе	Итог о	Лек .	Лаб .	П Р	КР П	С Р	Контрол ь	Форм ы контр.	
ФТД.02	Нанoeлектроника		4						2	2	36	72	72	2	6 6	4	2	72	2					6 6	4	з	

##### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

##### Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз — экзамен;

ЗаО — зачет с оценкой;

За — зачет;

##### Виды работ:

Контакт. — контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. — лекционные занятия;

Лаб. — лабораторные работы;

Пр. — практические занятия;

КРП — курсовая работа (курсовой проект);

РГР — расчетно-графическая работа (реферат);

СР — самостоятельная работа студентов;

з.е. — объем дисциплины в зачетных единицах.

**Содержание дисциплины:**

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>лекционные занятия 1 шт. по 2 часа (2 час.):</p> <p>1.1. Физические свойства наноструктур и наноструктурированных материалов. Классификация низкоразмерных структур и наноматериалов. Свойства двумерных и одномерных структур и материалов. Свойства углеродных наноструктур. Свойства наночастиц и материалов с наночастицами.</p> <p><b>Вопросы для самостоятельного изучения:</b></p> <p>1. Основные положения квантовой механики, используемые в наноэлектронике. Момент импульса и спин. Магнитный резонанс. Туннельный переход через потенциальный барьер. Квантовые потенциальные ямы.</p> <p>2. Гетерогенные процессы формирования наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Формирование структур на основе коллоидных растворов. Золь-гель технология. Атомно-слоевое осаждение. Нанормообразование. Гетеропленки.</p> <p>3. Полупроводниковые и углеродные наноматериалы. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей. Наногофрированные структуры. Технология создания квантовых точек. Нанопечатная лирография. Ионный синтез наноструктур. Полупроводниковые и углеродные наноматериалы. Полимерные наноматериалы, органические проводники и полупроводники.</p> <p>4. Кремневые транзисторы с изолированным затвором. Гетеротранзисторы. Кремневые транзисторы с изолированным затвором. Гетеротранзисторы. КНИ-транзисторы. Транзисторы на структурах SiGe. Многозатворные транзисторы. Гетероструктурный транзистор на квантовых точках. Нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок. Нанотранзисторы на основе графена. Спиновый нанотранзистор.</p>
2	<p>самостоятельная работа студентов: час.</p> <p>2.1. Изучение материалов лекций 66</p> <p><b>Всего:</b> 66</p> <p>2.2. Подготовка к зачёту 4</p>

**Текущий контроль:** устный контрольный опрос по изученному теоретическому материалу и полученным практическим навыкам проводится на занятиях.

**5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1.	Лекции	Интерактивная лекция (лекция-визуализация). Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине.
2.	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине).
3.	Контроль (промежуточная аттестация: зачет или экзамен)	Технология устного опроса.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине — зачёт.

Перечень вопросов к зачёту

- классификация низкоразмерных структур и наноматериалов;
- свойства наночастиц и материалов с наночастицами;
- основные положения квантовой механики, используемые в нанoeлектронике;
- элементы зонной теории и транспортные явления в наноразмерных структурах;
- сверхрешетки;
- плотность энергетических состояний в низкоразмерных объектах;
- одноэлектроника;
- физические основы спинтроники.
- основные методы нанотехнологии;
- гетеропленки;
- формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей;
- наногофрированные структуры;
- технология создания квантовых точек;
- нанопечатная литография;
- ионный синтез наноструктур;
- полимерные наноматериалы, органические проводники и полупроводники.
- технология сверхтонких пленок металлов и диэлектриков;
- методы зондовой нанотехнологии;
- технология самоорганизации наноструктур;
- технология фотонных кристаллов;
- свойства и математические модели двумерных структур;
- свойства и математические модели одномерных структур и материалов;
- свойства углеродных наноструктур;
- момент импульса и спин;
- магнитный резонанс;
- туннельный переход через потенциальный барьер;
- квантовые потенциальные ямы.
- интерференционные эффекты в наноструктурах;
- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- наноформообразование;
- кремневые транзисторы с изолированным затвором;
- гетеротранзисторы;
- КНИ-транзисторы;
- транзисторы на структурах SiGe;
- многозатворные транзисторы;
- гетероструктурный транзистор на квантовых точках;
- нанотранзисторы на основе углеродных нанотрубок;
- нанотранзисторы на основе графена;
- спиновый нанотранзистор;

- молекулярно-лучевая эпитаксия;
- газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений;
- формирование структур на основе коллоидных растворов;
- золь-гель технология;
- атомно-слоевое осаждение;
- нанoформообразование;
- основные тенденции исследования физические свойства нанoструктур;
- основные технологические направления развития и нанoструктурированных материалов;
- гетерогенные процессы и их роль в технологических процессах формирования нанoструктур и развития нанoeлектронной базы;
- тенденции развития технологий полупроводниковых материалов в нанoeлектронике;
- тенденции развития углеродных нанoматериалов в нанoeлектронике;
- технологии нанoформообразования и их роль в развитии нанoeлектроники;
- перспективные нанoeлектронные приборы и устройства;
- тенденции развития зондовой нанотехнологии ее применение в нанoeлектронике;
- использование достижений технологии самоорганизации структур в развитии нанoeлектроники;
- значение технологии фотонных кристаллов для современных тенденций развития нанoeлектроники;
- значение технологии полимерных материалов в совершенствовании нанoeлектронных приборов и устройств;
- пленочные технологии поверхностно-активных веществ в нанoeлектронике;
- тенденции развития нанотранзисторных структур на традиционных материалах;
- нанотранзисторные структуры на новых технологиях;
- тенденции развития нанoeлектроники и обеспечивающих технологий;
- спинтроника, потенциальные возможности и тенденции развития;
- перспективы создания квантовых компьютеров;
- перспективы молекулярных технологий в нанoeлектронике.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок — «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «не зачтено» (далее — пятибалльная система).

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безусловно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на



	уровне — «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом непринципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившего практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившего другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне — «пороговый».
«неудовлетворительно» / не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившего практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети «Интернет» и доступом в ЭИОС филиала.

**Программное обеспечение:** LibreOffice.

## **8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ**

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

### **для слепых и слабовидящих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

### **для глухих и слабослышащих:**

- лекции оформляются в виде электронного документа;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

### **для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;
- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**для слепых и слабовидящих:**

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

**для глухих и слабослышащих:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

**для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература.

1. Щука, А.А. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2012. — 348 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4357](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4357) .
2. Шишкин, Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. — Электрон. дан. — М.: "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2015. — 411 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=66208](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=66208)
3. Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс]: — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5793)

### Дополнительная литература.

1. Лозовский, В.Н. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Лозовский, Г.С. Константинова, С.В. Лозовский. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2008. — 328 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=232](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=232)
2. Игнатов, А.Н. Микросхемотехника и нанoeлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 528 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2035](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2035)
3. Борисенко, В.Е. Нанoeлектроника: теория и практика: учебник [Электронный ресурс]: учебник / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. — Электрон. дан. — М. : "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2013. — 368 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=42635](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42635)
4. Компоненты и технологии. [Электронный ресурс] - Электрон. текстовые дан. 2011-2015. - Режим доступа: URL <http://elibrary.ru/issues.asp?id=9938>

### Список авторских методических разработок.

Авторские методические разработки расположены по ссылке:  
<https://drive.google.com/drive/folders/11JeJCsPbniZ2CRFPr7QCJbvYdg5d6ctJ?usp=sharing>.

### ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц в документе	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего изменения в данный экземпляр	Дата внесения изменения в данный экземпляр	Дата введения изменения
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10