

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

<b>Код модуля</b>	<b>Модуль</b>
1146950	Технологии нано- и оптоэлектроники

**Екатеринбург**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Электроника и наноэлектроника 2. Наноинженерия	<b>Код ОП</b> 1. 11.03.04/33.01 2. 28.03.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Электроника и наноэлектроника; 2. Наноинженерия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 11.03.04; 2. 28.03.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бунтов Евгений Александрович	к.ф.-м.н., доцент	доцент	Физических методов и приборов контроля качества
2	Вайнштейн Илья Александрович	д.ф.-м.н., профессор	заведующий кафедрой	Физических методов и приборов контроля качества

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Технологии nano- и оптоэлектроники

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Технологии nano- и оптоэлектроники» состоит из двух дисциплин «Основы nanoэлектроники» и «Материалы и устройства оптоэлектроники». Модуль посвящен изучению физических основ nanoэлектроники и принципов создания микроэлектронных компонентов и интегральных схем. Рассматриваются физические закономерности поведения носителей заряда в наноразмерных структурах, элементная база nanoэлектроники, зависимость характеристик элементов от их размера. Изучаются принципы работы базовых элементов современной оптоэлектроники, рассматриваются свойства используемых материалов и технологических процессов, подробно изложены основных физических процессов, протекающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Материалы и устройства оптоэлектроники	3
2	Основы nanoэлектроники	3
ИТОГО по модулю:		6

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Материалы и устройства оптоэлектроники	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере	З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в

	<p>своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
--	--	--

	Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации
<p>ПК-4 - Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические)</p> <p><b>(Наноинженерия)</b></p>	<p>З-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов)</p>
<p>ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе</p> <p><b>(Наноинженерия)</b></p>	<p>З-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур</p> <p>З-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p>У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p>
<p>ПК-5 - Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования</p>	<p>З-1 - Характеризовать компонентную и элементную базы изделий электроники и наноэлектроники</p> <p>З-4 - Определять эксплуатационные и ресурсные характеристики основных материалов и конечных изделий электронной техники</p> <p>У-2 - Производить компьютерное моделирование для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых электронных приборов</p>

	(Электроника и наноэлектроника)	<p>У-3 - Определять оптимальные методы совершенствования характеристик электрических схем</p> <p>П-1 - Проектировать электронные приборы и их компоненты на схемотехническом уровне</p>
	<p>ПК-8 - Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники различного функционального назначения</p> <p>(Электроника и наноэлектроника)</p>	<p>З-1 - Различать базовые технологические процессы и технологическое оборудование, используемые в производстве приборов электронной техники на основе нанотехнологий</p> <p>З-2 - Определять состав, принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов электроники на базе нанотехнологий</p> <p>З-3 - Объяснять физико-химические эффекты взаимодействия элементов оборудования и объектов воздействия на наноразмерном уровне</p> <p>У-1 - Выбирать методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств электронной техники различного функционального назначения</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы настройки оборудования, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы на оборудовании, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методов обработки и оценки погрешности результатов измерений новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и наноэлектроники</p>
Основы наноэлектроник и	ОПК-6 - Способен выполнять настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере	З-1 - Перечислить основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в

	<p>своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p>	<p>соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>З-2 - Объяснить принципы и основные правила и методы настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>З-3 - Привести примеры использования цифровых технологий для настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Регулировать основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>У-2 - Определять основные параметры функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности для установления соответствия имеющейся технической документации</p> <p>У-3 - Оптимизировать с помощью цифровых технологий настройки технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-1 - Проводить организацию настройки и настройку технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности по имеющейся технической документации</p> <p>П-2 - Осуществлять контроль соответствия имеющейся технической документации и необходимую корректировку основных параметров функционирования технологического оборудования, объектов и процессов в сфере своей профессиональной деятельности</p>
--	--	--

	Д-1 - Внимательно и ответственно относиться к выполнению требований технической документации
ПК-4 - Способность проводить расчетные работы (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические)  <b>(Наноинженерия)</b>	3-1 - Излагать нормативные и методические документы, касающиеся области профессиональной деятельности  3-2 - Характеризовать требования к качеству исходных материалов (сырья и основных материалов, вспомогательных материалов, тары и тарных материалов)
ПК-5 - Способность проводить проектные работы по созданию и производству нанообъектов, модулей и изделий на их основе  <b>(Наноинженерия)</b>	3-1 - Демонстрировать углубленные знания о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур  3-5 - Демонстрировать понимание основных методов измерения параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур  У-4 - Работать на измерительном и технологическом оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией  П-1 - Осуществлять обоснованный выбор методов и оборудования измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур
ПК-5 - Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	3-1 - Характеризовать компонентную и элементную базы изделий электроники и наноэлектроники  3-4 - Определять эксплуатационные и ресурсные характеристики основных материалов и конечных изделий электронной техники  У-2 - Производить компьютерное моделирование для прогнозирования поведения, оптимизации и изучения функционирования разрабатываемых электронных приборов



	<p><b>(Электроника и наноэлектроника)</b></p>	<p>У-3 - Определять оптимальные методы совершенствования характеристик электрических схем</p> <p>У-4 - Разрабатывать основные функциональные блоки электрической схемы</p> <p>П-1 - Проектировать электронные приборы и их компоненты на схемотехническом уровне</p>
	<p>ПК-8 - Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники различного функционального назначения</p> <p><b>(Электроника и наноэлектроника)</b></p>	<p>З-1 - Различать базовые технологические процессы и технологическое оборудование, используемые в производстве приборов электронной техники на основе нанотехнологий</p> <p>З-2 - Определять состав, принципы работы, технические характеристики оборудования для производства приборов электроники на базе нанотехнологий</p> <p>З-3 - Объяснять физико-химические эффекты взаимодействия элементов оборудования и объектов воздействия на наноразмерном уровне</p> <p>У-1 - Выбирать методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств электронной техники различного функционального назначения</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы настройки оборудования, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт работы на оборудовании, обеспечивающего специфические процессы нанотехнологии и применение наноструктурных материалов</p> <p>П-2 - Осуществлять обоснованный выбор методов обработки и оценки погрешности результатов измерений новыми технологиями, обеспечивающими повышение эффективности проектов, технологических процессов, эксплуатации и обслуживания новой техники в области электроники и наноэлектроники</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Материалы и устройства оптоэлектроники**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Вайнштейн Илья Александрович	д.ф.-м.н., профессор	зав. кафедрой	Физических методов и приборов контроля качества

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Вайнштейн Илья Александрович, зав. кафедрой, Физических методов и приборов контроля качества

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Физические основы оптоэлектроники	Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом, распространение волны излучения в реальной среде, в анизотропных средах. Квантовые явления при генерации и приеме оптического излучения, фотоэлектрические явления, квантовая природа излучения, квантовые переходы и вероятности излучательных переходов, внешний квантовый выход и потери излучения. Метрологические аспекты оптоэлектроники, энергетические и фотометрические характеристики излучения, цветовые измерения – колориметрия, оптоэлектроника и метрология – взаимовлияние.
2	Перспективные оптоэлектронные материалы и структуры	Зонная структура и основные характеристики полупроводников, активные структуры оптоэлектронных приборов, локальные структурные и композиционные эффекты в оптоэлектронных средах.  Люминесцентные структуры на основе органических материалов и метаматериалов, анализ твердотельных гетероструктур, полимерных и гибридных структур для полимерно-твердотельной оптоэлектроники, основные полупроводниковые материалы, применяемые в производстве светоизлучающих диодов. Проблемы формирования структур интегральной оптоэлектроники, алмазы, фуллерены, углеродные и металл-оксидные нанотрубки.

3	Элементная база оптоэлектроники, приборы и устройства	Полупроводниковые источники некогерентного излучения, параметры, характеристики и устройство полупроводниковых лазеров, инжекционные гетеролазеры на гетероструктурах, светодиодные источники повышенной яркости и белого света, тенденции развития излучателей. Фотоэлектронные полупроводниковые приемники, классификация и система параметров, фотовольтаические приемники излучения, фотодиоды с р-і-п структурой, барьером Шоттки, лавинным размножением и гетеропереходом, фотоприемники со структурой металл-диэлектрик-полупроводник, приборы с зарядовой связью, фоторезистор на собственной и примесной проводимости. Оптопары, оптоэлектронные датчики, оптоэлектронные средства отображения информации, многоэлементные полупроводниковые индикаторы и модули экранов, основные направления развития.
4	Оптоэлектронные системы	Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС): принцип построения и особенности; распространение оптического сигнала по световоду, оптическая память, перспективные направления разработок ВОЛС, оптические волноводы, стекловолокно, фотонно-кристаллические световоды. Интегральная оптоэлектроника, физико-технологические ограничения интегральных приемо-передающих модулей, оптоэлектронные системы записи, хранения и воспроизведения информации, перспективные области применения оптоэлектронных систем, проблемы разработки стереоскопических систем отображения, вопросы использования в экстремальных условиях.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология анализа образовательных задач	ОПК-3 - Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию	Д-1 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы

			полученных результатов	
--	--	--	---------------------------	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Материалы и устройства оптоэлектроники

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Кульчин, Ю. Н.; Современная оптика и фотоника нано- и микросистем : монография.; Физматлит, Москва; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467691> (Электронное издание)
2. , Аракелян, , С. М.; Введение в фемтонанофотонику. Фундаментальные основы и лазерные методы управляемого получения и диагностики наноструктурированных материалов : учебное пособие.; Логос, Москва; 2015; <http://www.iprbookshop.ru/40504.html> (Электронное издание)
3. Бугров, , В. Е.; Оптоэлектроника светодиодов : учебное пособие.; Университет ИТМО, Санкт-Петербург; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/67449.html> (Электронное издание)
4. , Шабанов, , В. Ф., Зырянов, , В. Я.; Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанофотоники; Сибирское отделение РАН, Новосибирск; 2013; <http://www.iprbookshop.ru/32823.html> (Электронное издание)
5. Алешкевич, В. А.; Курс общей физики. Оптика : учебник.; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69335> (Электронное издание)
6. Климов, В. В.; Наноплазмоника; Физматлит, Москва; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69490> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Игнатов, А. Н.; Оптоэлектроника и нанофотоника : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлениям подгот. "Электроника и микроэлектроника" и "Телекоммуникации".; Лань, Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар; 2011 (2 экз.)
2. Салех, Б., Дербов, В. Л.; Т. 1 : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2012 (10 экз.)
3. Салех, Б., Дербов, В. Л.; Т. 2 : [учебное пособие].; Интеллект, Долгопрудный; 2012 (10 экз.)
4. Шуберт, Шуберт Ф., Юнович, А. Э.; Светодиоды; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2008 (2 экз.)
5. Игнатов, А. Н.; Оптоэлектронные приборы и устройства : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 210400 (654400) - Телекоммуникации.; Эко-Трендз, Москва; 2006 (3 экз.)
6. Ермаков, О. Н.; Прикладная оптоэлектроника; Техносфера, Москва; 2004 (1 экз.)
7. Розеншер, Э., Винтер, Б., Ермаков, О. Н.; Оптоэлектроника; Техносфера, Москва; 2004 (1 экз.)
8. Мартынов, В. Н.; Полупроводниковая оптоэлектроника : Учеб. пособие для вузов.; МИСИС, Москва; 1999 (5 экз.)
9. Носов, Ю. Р.; Дебют оптоэлектроники; Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., Москва; 1992 (4 экз.)
10. Ефимов, И. Е., Горбунов, Ю. И., Козырь, И. Я.; Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность : [учеб. пособие для приборостроит. специальностей вузов].; Высшая школа, Москва; 1986 (21 экз.)
11. Таиров, Ю. М., Цветков, В. Ф.; Технология полупроводниковых и диэлектрических приборов : Учеб.

для вузов.; Б. и., Санкт-Петербург; 2002 (5 экз.)

12. Пихтин, А. Н.; Физические основы квантовой электроники и оптоэлектроники : Учеб. пособие для вузов.; Высш. шк., Москва; 1983 (17 экз.)

## **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» раздел «Оптоэлектроника» [http://window.edu.ru/library/resources?p\\_sort=5&p\\_str=Оптоэлектроника](http://window.edu.ru/library/resources?p_sort=5&p_str=Оптоэлектроника)

Нанотехнологическое сообщество «Нанометр» <http://www.nanometer.ru/>

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Материалы и устройства оптоэлектроники**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	OriginPro Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Основы нанoeлектроники**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Бунтов Евгений Александрович	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	физических методов и приборов контроля качества

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 14.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение. Микро- и нанoeлектроника.	История микроэлектроники. Определение нанoeлектроники. Закон Мура. Преимущества и проблемы миниатюризации микроэлектронных компонентов. Достижения последних лет и перспективы развития нанoeлектроники.
2	Квантовые эффекты в нанoeлектронике.	Эффект квантового ограничения. Структуры с квантовым ограничением: квантовые ямы, проволоки, точки. Транспорт электронов в низкоразмерных системах. Туннелирование, туннельный и резонансный туннельный диоды. Явление квантовой интерференции. Спиновые эффекты.
3	Базовые элементы нанoeлектронных устройств	Свободная поверхность и ее свойства. Межфазные границы и гетеропереходы. Типы гетероструктур, сложные гетероструктуры. Явление кулоновской блокады. Структуры «металл-окисел-полупроводник» и их свойства.
4	MOSFET транзисторы и их масштабирование	Структура и основные характеристики MOSFET транзисторов. Диффузионный и баллистический транспорт электронов в канале транзистора. Законы масштабирования MOSFET.
5	Основные типы нанотранзисторов	Проблемы классических MOSFET-транзисторов. Токи утечки. Совершенствование кремниевой технологии. Структуры «кремний на изоляторе». Напряженный кремний. MODFET-транзисторы. Трехмерные конфигурации затворов. Альтернативные технологии: гетеротранзисторы, HEMT-транзисторы, транзисторы на нанотрубках.
6	Совершенствование электронных компонентов:	Туннельные переходы и одноэлектронные транзисторы (SET). Эквивалентная схема и принципы работы SET.

	Одноэлектронные транзисторы и элементы памяти	Технологические подходы к созданию SET. Масштабирование элементов памяти. Применение SET в запоминающих устройствах. Принципы работы и перспективные применения мемристоров.
7	Квантовые компьютеры	Введение в квантовые вычисления на основе кубитов. Преимущества квантовых вычислений перед традиционными. Квантовые регистры и операторы. Понятие универсального квантового компьютера. Основные подходы к реализации квантовых компьютеров. Современные достижения в построении квантовых компьютеров.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	ПК-5 - Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	З-1 - Характеризовать компонентную и элементную базы изделий электроники и наноэлектроники

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основы наноэлектроники

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Троян, П. Е.; Наноэлектроника : учебное пособие.; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208663> (Электронное издание)
2. Драгунов, В. П.; Микро- и наноэлектроника : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941> (Электронное издание)
3. Дробот, П. Н.; Наноэлектроника : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2016;

### **Печатные издания**

1. Борисенко, В. Е., Воробьева, А. И., Уткина, Е. А.; Нанoeлектроника : учеб. пособие для студентов вузов по специальностям "Микро- и нанoeлектрон. технологии и системы" и "Квантовые информ. системы".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2009 (6 экз.)
2. Шука, А. А., Сигов, А. С.; Нанoeлектроника : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Прикладная математика и физика".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (1 экз.)
3. Шишкин, Г. Г.; Нанoeлектроника. Элементы, приборы, устройства : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям 210600 "Нанотехнология", 152200 "Наноинженерия", 210100 "Электроника и нанoeлектроника".; БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва; 2012 (5 экз.)
4. , Махвиладзе, Т. М.; Квантовые компьютеры, микро- и нанoeлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование; Наука, Москва; 2014 (2 экз.)
5. Бунтов, Е. А., Никифоров, С. В.; Современные устройства и элементы нанoeлектроники : учебно-методическое пособие для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.04, 11.04.04 - Электроника и нанoeлектроника; 28.04.02 - Наноинженерия.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2020 (15 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

Зональная научная библиотека УрФУ(<http://lib.urfu.ru>).

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Основы нанoeлектроники**

#### **Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Labview 2012</p>
3	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с</p>	<b>Не требуется</b>

		санитарными правилами и нормами	
5	Самостоятельная работа студентов	Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES