

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
С.А. ЕСЕНИНА»**

Утверждаю:

Декан физико-
математического
факультета



Н.Б. Федорова

«31» августа 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Практикум по микро- и наноэлектронике

Уровень основной профессиональной образовательной программы
бакалавриат

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки Физическая электроника

Форма обучения очная

Сроки освоения ОПОП нормативный – 4 года

Факультет (институт) Физико-математический

Кафедра общей и теоретической физики и методики преподавания физики

Рязань 2020

При разработке рабочей программы дисциплины (модуля) в основу положены:

1. **ФГОС ВО по направлению подготовки 16.03.01 Техническая физика, утвержденный приказом Минобрнауки России от «12» марта 2015 г. №204**

2. **Учебный план направления подготовки 16.03.01 Техническая физика,**

(указывается код и наименование направления подготовки)

направленность (профиль) Физическая электроника

одобрен Ученым советом РГУ имени С.А. Есенина от «__» _____ 20__ Протокол №_____

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры

общей и теоретической физики и МПФ
от «31» августа 2020 года Протокол №1

Заведующий кафедрой _____ **О.Е. Трунина** _____

Рабочая программа дисциплины одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета

от «31» августа 2020 Протокол №1

Председатель Учебно-методического совета физико-математического факультета

О.В. Кузнецова
_____)

Разработчики _____ _____

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Целью освоения учебной дисциплины Практикум по микро- и нанoeлектронике является формирование у бакалавров представлений о современных тенденциях развития микро- и нанoeлектроники, о физических принципах функционирования основных приборных структур, методах исследования их характеристик, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина Практикум по микро- и нанoeлектронике относится к Блоку 1, циклу Б.1.В.ДВ.13 Дисциплины по выбору (вариативная часть).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

Физика;

Химия;

Измерительная техника;

Электроника и схемотехника;

Микро- и нанoeлектроника;

Физика твердого тела и полупроводников.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

Государственный экзамен.

2.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) (общепрофессиональных- ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6
1.	ОПК-3	способность к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	Основные принципы и тенденции развития микро- и нанoeлектроники	Корректно обосновать выбор теоретических и экспериментальных методов для исследования приборных структур современной микро- и нанoeлектроники.	Навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований приборных структур современной микро- и нанoeлектроники
2.	ОПК-8	способность самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Основные принципы построения современной аналитической и технологической аппаратуры.	Корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для решения конкретных задач микро- и нанoeлектроники.	Навыками применения аналитического и технологического оборудования для решения конкретных задач микро- и нанoeлектроники.
3.	ПК-15	готовность использовать информационные технологии при	Основные информационные технологии, применяемые для автоматизации исследований	Корректно обосновать выбор программных средств для автоматизации исследований	Навыками применения программных средств для автоматизации исследований в

		разработке и проектировании новых изделий, технологических процессов и материалов технической физики	в микро- и нанoeлектронике.	в микро- и нанoeлектронике.	микро- и нанoeлектронике.
--	--	--	-----------------------------	-----------------------------	---------------------------

2.5 Карта компетенций дисциплины.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ Микро- и нанoeлектроника					
Цель дисциплины	Целью освоения учебной дисциплины Микро- и нанoeлектроника является формирование у бакалавров представлений о современных тенденциях развития микроэлектроники, о физико-химических принципах современных технологий производства микро- и нанoeлектронных приборов, а также компетенций, предусмотренных образовательным стандартом, и готовности обучаемого к выполнению различных видов профессиональной деятельности.				
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общепрофессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОПК-3	способность к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать	Знать: основные принципы и тенденции развития микро- и нанoeлектроники Уметь: корректно обосновать выбор теоретических и экспериментальных методов для исследования приборных структур	Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы.	Защита лабораторных работ, зачет.	Пороговый: Знает основные принципы развития микро- и нанoeлектроники. Способен анализировать тенденции развития микро- и нанoeлектроники.

	современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	современной микро- и наноэлектроники. Владеть: Навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований приборных структур современной микро- и наноэлектроники			Повышенный: Владеет навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований приборных структур современной микро- и наноэлектроники
ОПК-8	способность самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	Знать: основные принципы построения современной аналитической и технологической аппаратуры Уметь: корректно обосновать выбор аналитического и технологического оборудования для решения конкретных задач микро- и наноэлектроники. Владеть: навыками применения аналитического и технологического оборудования для решения конкретных задач микро- и наноэлектроники.	Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы.	Защита лабораторных работ, зачет.	Пороговый: Знает принципы построения современной аналитической и технологической аппаратуры. Способен анализировать применимость технологического оборудования для решения конкретных задач микро- и наноэлектроники. Повышенный: Владеет навыками применения аналитического и технологического оборудования для решения конкретных задач микро- и наноэлектроники.

Профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-15	готовность использовать информационные технологии при разработке и проектировании новых изделий, технологических процессов и материалов технической физики	<p>Знать: основные информационные технологии, применяемые для автоматизации исследований в микро- и нанoeлектронике.</p> <p>Уметь: корректно обосновать выбор программных средств для автоматизации исследований в микро- и нанoeлектронике</p> <p>Владеть: Навыками применения программных средств для автоматизации исследований в микро- и нанoeлектронике</p>	Путем проведения лекционных занятий, лабораторных работ, применения новых образовательных технологий, организации самостоятельной работы.	Защита лабораторных работ, зачет.	<p>Пороговый: Знает основные информационные технологии, применяемые для автоматизации исследований в микро- и нанoeлектронике. Способен анализировать область применимости программных средств для автоматизации исследований в микро- и нанoeлектронике</p> <p>Повышенный: Владеет навыками применения программных средств для автоматизации исследований в микро- и нанoeлектронике.</p>

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		№ 8	
		часов	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	36	36	
В том числе:			
Лекции (Л)			
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	18	18	
Лабораторные работы (ЛР)	18	18	
Самостоятельная работа студента (всего)	36	36	
В том числе			
<i>СРС в семестре:</i>			
Курсовая работа	КП	нет	нет
	КР	нет	нет
<i>Другие виды СРС:</i>			
Изучение литературы	14	14	
Подготовка к зачету	6	6	
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ	16	16	
<i>СРС в период сессии</i>			
Вид промежуточной аттестации	зачет (З),		
	экзамен (Э)		
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	72	72
	зач. ед.	2	2

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины (модуля)

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
8	1	Процессы в полупроводниках.	Классификация полупроводниковых материалов. Равновесные и неравновесные носители заряда. Генерация и рекомбинация. Уравнения кинетики рекомбинации. Времена жизни электронов и дырок. Механизмы рекомбинации. Рекомбинация в прямозонных и непрямозонных полупроводниках. Рекомбинация через примеси и дефекты. Центры прилипания и центры рекомбинации. Демаркационные уровни. Статистика Шокли-Рида. Рекомбинация через многозарядные примеси. Дрейфовая скорость. Подвижность носителей заряда и методы ее экспериментального определения. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в полупроводниках. Фотопроводимость. Поглощение света. Спектральная зависимость коэффициента поглощения.
	2	Полупроводниковый р-п- переход и приборы на его основе	Протекание тока в диодах с р-п-переходом. Распределение электрического поля и потенциала в резких и плавных р-п-переходах, контактная разность потенциалов. Область пространственного заряда. Инжекция неосновных носителей заряда. Вольт-амперная характеристика тонкого р-п-перехода при низком уровне инжекции (модель Шокли). Влияние температуры. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода в случае генерации и рекомбинации носителей в области пространственного заряда (модель Са-Нойса-Шокли) при прямом и обратном смещении. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода при высоком уровне инжекции (учет эффектов модуляции проводимости и рекомбинации в сильном тянущем электрическом поле). Диод с р-п-переходом при высоких обратных напряжениях (лавинный, туннельный и тепловой пробой). Переходные процессы в диоде с р-п-переходом. Емкость р-п-перехода. Барьерная и диффузионная емкость. Вольт-фарадная характеристика р-п-перехода. Различные виды полупроводниковых диодов с р-п-переходом.
	3	Полупроводниковые	Определение. Классификация. Энергетическая

	гетероструктуры.	диаграмма гетероперехода. Принципы подбор гетеропереходных пар. Факторы, влияющие на величину разрыва зон. Основные модели гетероперехода. Емкость. Вольт-амперные характеристики. Односторонний характер инжекции в гетеропереходе. Двойная гетероструктура. Электролюминесценция. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Приборные применения: лавинный фотодиод, солнечные элементы, светоизлучающие диоды, полупроводниковые лазеры.
4	МДП- структура.	Общие представления об идеальной МДП-структуре. Зонные диаграммы. Принцип действия. Емкость МДП- структуры. НЧ и ВЧ вольт-фарадные характеристики. Характеристики реальной МДП- структуры. Приборные применения МДП- структуры.
5	Основы нанoeлектроники.	Квантово-размерный эффект. Физические ограничения. Квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки. Электрофизические и оптические характеристики. Возможные приборные применения.

2.2. Разделы учебной дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестрам)	
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
8	1	Процессы в полупроводниках.		2	4	6	12	Практ. занятие, Защита лабораторных работ (1 неделя)	
	2	Полупроводниковый р-п-переход и приборы на его основе		8	4	6	18	Практ. занятие, Защита лабораторных работ (2-6 неделя)	
	3	Полупроводниковые гетероструктуры.		2	4	6	12	Практ. занятие, Защита лабораторных работ (7 неделя)	
	4	МДП- структура.		2	4	6	12	Защита лабораторных работ (8неделя)	
	5	Основы наноэлектроники.		4	2	6	12	Практ. занятие, Защита лабораторных работ (9 неделя)	
		Разделы дисциплины 1 - 5				6	6	зачет	
		ИТОГО за 8 семестр			18	18	36	72	
		ИТОГО			18	18	36	72	

2.3. Лабораторный практикум

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Всего часов
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
8	1	Процессы в полупроводниках.	1. Изучение фотопроводимости полупроводников.	2
	2	Полупроводниковый p-n-переход и приборы на его основе	2. Изучение механизмов транспорта носителей заряда в диоде с p-n-переходом. 3. Изучение импульсных характеристик диода с p-n-переходом 4. Изучение вольт-фарадных характеристик диода с p-n-переходом 5. Изучение фотодиода.	2 2 2 2
	3	Полупроводниковые гетероструктуры.	6. Изучение светоизлучающих диодов.	2
	4	МДП- структура.	7. Изучение вольт-фарадных характеристик МДП- структуры	2
	5	Основы нанoeлектроники.	8. Исследование поглощения света в полупроводниках 9. Исследование фотолюминесценции пористого кремния.	2 2
	ИТОГО в 8 семестре			18

2.4. Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
8	1.	Процессы в полупроводниках	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы для практического занятия №1 2. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы для практического занятия №2 3. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №1.	2 2 2
	2.	Полупроводниковый p-n- переход и приборы на его основе	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы для практических занятий №3 - №7 2. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №2. 3. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №3. 4. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №4. 5. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №5.	2 1 1 1 1
	3.	Полупроводниковые гетероструктуры.	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы для практического занятия №8 2. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №6.	4 2
	4	МДП- структура.	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы по теме. 2. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №7.	2 4
	5	Основы нанозлектроники	1. Изучение и конспектирование основной и дополнительной литературы для практического занятия №9 2. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы №8. 3. Подготовка к выполнению лабораторной работы №9.	2 2 2
		Зачет	Изучение конспектов лекций по разделам 1–5.	6
ИТОГО в 8 семестре				36
ИТОГО				36

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

(см. *Фонд оценочных средств*)

4.2. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине (модулю)

Рейтинговая система не используется.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Основная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1.	Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата / В. И. Старосельский. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 463 с. – Режим доступа: URL: https://www.biblionline.ru/bcode/392141 (дата обращения: 01.08.2019).	1-4	8	ЭБС	
2.	Ансельм, А.И. Введение в теорию полупроводников [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Ансельм. – СПб.: Лань, 2016. – 624 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/71742 (дата обращения: 01.08.2019).	1,2	8	ЭБС	
3.	Давыдов, С.Ю. Элементарное введение в теорию наносистем [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Ю. Давыдов, А.А. Лебедев, О.В. Посредник. – СПб.: Лань, 2014. – 192 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/44757 (дата обращения: 01.08.2019).	5	8	ЭБС	

5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1.	Трубочкина, Н. К. Нанoeлектроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата / Н. К. Трубочкина. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 269 с. – Режим доступа: URL: https://www.biblionline.ru/bcode/392906 (дата обращения: 01.08.2019).	1-5	8	ЭБС	

2.	Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [Электронный ресурс]: учебник / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. – СПб.: Лань, 2015. – 448 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/67462 (дата обращения: 01.08.2019).	1-5	8	ЭБС	
3.	Данилин, А.А. Измерения в радиоэлектронике [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Данилин, Н.С. Лавренко ; под редакцией А. А. Данилина. – СПб.: Лань, 2017. – 408 с. – Режим доступа: URL: https://e.lanbook.com/book/89927 (дата обращения: 01.08.2019).	1-5	8	ЭБС	
4.	Брусенцов, Ю.А. Материалы твердотельной микро- и нанозлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437072 (дата обращения: 01.08.2019)	1-5	8	ЭБС	1-5
5.	Барыбин, А.А. Физико-технологические основы макро-, микро, и нанозлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Барыбин, В.И. Томилин, В.И. Шаповалов ; под общ. ред. А.А. Барыбина. – Москва : Физматлит, 2011. – 783 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457643 (дата обращения: 01.08.2019).	1-5	8	ЭБС	
6.	Драгунов, В.П. Микро- и нанозлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.П. Драгунов, Д.И. Остертак. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2012. – 38 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228941 (дата обращения: 01.08.2019)	1-5	8	ЭБС	
7.	Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Барыбин. – М.: Физматлит, 2008. – 424 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75443 (дата обращения: 01.08.2019)	1-5	8	ЭБС	
8.	Нанотехнологии в электронике [Электронный ресурс] / под ред. Ю.А. Чаплыгина. – М.: Техносфера, 2013. – 688 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443325 (дата обращения: 01.08.2019).	1-5	8	ЭБС	
9.	Марков, В.Ф. Материалы современной электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ф. Марков, Х.Н. Мухамедзянов, Л.Н. Маскаева. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 272 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275825 (дата обращения: 01.08.2019).	1-5	8	ЭБС	

10.	Легостаев, Н.С. Микроэлектроника [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов. – Томск: Эль Контент, 2013. – 172 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480611 (дата обращения: 01.08.2019)	1-5	8	ЭБС	
-----	--	-----	---	-----	--

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Лань [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 10.08.2019).
2. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. - Доступ к полным текстам по паролю. - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub (дата обращения: 15.04.2019).
3. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. - Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 20.07.2019).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

ФТИ им. А.Ф. Иоффе: Журналы, учрежденные институтом [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.ioffe.ru/index.php?row=31&subrow=0#> (дата обращения 15.08.2019).

Нанометр: Нанотехнологическое сообщество – Библиотека [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://www.nanometer.ru/library_list.html (дата обращения 15.08.2019)

Альтернативная энергия: Библиотека: «Кремний - материал наноэлектроники», Н. Герасименко, Ю. Пархоменко. Техносфера, Москва, 2007 г. [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://alternativenergy.ru/biblioteka/171-kremniy-material-nanoelektroniki.html> (дата обращения 15.08.2019)

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий: специализированные лекционные аудитории, оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения и экраном.

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся: видеопроектор, ноутбук, переносной экран, для проведения демонстраций и опытов, полный комплект физических установок и приборов.

6.3. Требования к специализированному оборудованию:

Специализированные установки согласно спискам оборудования предусмотренного для каждой лабораторной работы.

6.4. Требования к программному обеспечению учебного процесса: *отсутствуют.*

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Не предусмотрены учебным планом.
Практические занятия	Написание конспектов, отражающих основные вопросы, рассмотренные на занятии. Кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю. Проведение численного моделирования в соответствии с заданием преподавателя и планом практического занятия (см п.11 Иные сведения).
Курсовая работа	Не предусмотрена учебным планом.
Лабораторная работа	Для выполнения лабораторных работ используются специализированные лабораторные установки. Методические указания по выполнению лабораторных работ и описания установок находятся в лаборатории на рабочих местах
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. Применение средств мультимедиа в образовательном процессе (презентации, видео);
2. Консультирование обучающихся посредством электронной почты.
3. Для выполнения практических работ используется математический пакет SMathStudio (бесплатное математическое ПО).

10. Специальные требования к программному обеспечению учебного процесса.

1. Операционная система Windows Pro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);
2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2019-0142 от 30/03/2019г.);
3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер FoxitReader (свободно распространяемое ПО);
7. PDF принтер doPdf (свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn (свободно распространяемое ПО);
10. DJVU браузер DjVu Browser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

11. Иные сведения

