

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



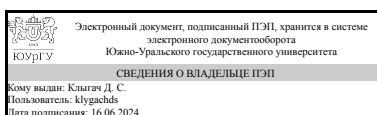
Л. П. Кудрин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.15 Физические основы нанoeлектроники
для направления 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Радиоэлектроника и системы связи

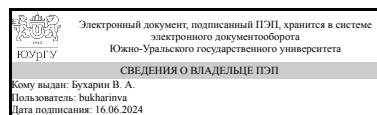
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 928

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



Д. С. Клыгач

Разработчик программы,
доцент



В. А. Бухарин

1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является формирование и развитие фундаментальных физических знаний и навыков в современных и перспективных областях электроники. Основными задачами дисциплины являются следующие: • изучение основных физических процессов и явлений в полупроводниках и полупроводниковых устройствах (элементах микро- и наноэлектроники); • овладение математическим аппаратом, методами физического исследования, техническими и программными средствами; • приобретение навыков анализа физических и технических параметров полупроводниковых материалов, наноструктурных элементов и наноэлектронных приборов; • изучение физических процессов, с которыми связаны перспективы развития электроники.

Краткое содержание дисциплины

Наночастицы. Нанообъекты. Фундаментальные явления в низкоразмерных структурах. Квантовые основы наноэлектроники. Квантовый размерный эффект. Принцип квантования и квантовое ограничение. Туннельный эффект. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний электрона. Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов. Рентгеновская микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ, СЭМ, SEM). Просвечивающая электронная микроскопия. Ионные микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля. Методы получения наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии. Механизм Франка-Ван дер Мерве. Механизм Фольмера-Вебера. Механизм Странского-Крастанова. Нанолитография. Оптическая литография (фотолитография). Электроннолучевая литография. Рентгенолитография. Ионолитография. Импринт-литография. Зондовые нанотехнологии. Общие принципы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующий туннельный микроскоп. Нанотехнологии на основе СТМ. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Нанолитография на основе АСМ. Углеродные наноструктуры. Методы получения и наблюдения углеродных нанотрубок. Структура углеродных нанотрубок. Зонная структура углеродных нанотрубок. Физические свойства углеродных нанотрубок. Сверхрешётки. Модель Кронига-Пенни. Полупроводниковые композиционные сверхрешётки. Электронные приборы наноэлектроники. Структура и принцип работы одноэлектронного транзистора. Структура и принцип работы КНИ-транзисторов. Отличительные особенности. Структура и принцип работы НЕМТ-транзисторов. Основные параметры. Структура и принцип работы транзистора на квантовых точках. Структура и принцип работы резонансно-туннельного диода. Структура и принцип работы резонансно-туннельного транзистора. Одноэлектронный механический транзистор. Структура и принцип работы. Транзистор и переключатель на углеродных нанотрубках.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития микро- и наноэлектроники Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о микро- и наноэлектронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями микро- и наноэлектронных устройств
ПК-11 Способность выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает: естественнонаучную сущность физических проблем, возникающих при анализе полупроводниковых микро- и наноэлектронных приборов. Умеет: привлекать для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для микро- и наноэлектронных приборов. Имеет практический опыт: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в микро- и наноэлектронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат и информационные технологии

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.05.02 Математический анализ, 1.О.07 Информатика и программирование, 1.Ф.13 Основы компьютерного моделирования, 1.О.15 Химия, 1.О.09 Основы теории цепей и электротехника, 1.О.05.04 Теория вероятностей и математическая статистика, 1.О.13 Радиокомпоненты, 1.О.05.03 Специальные главы математики, 1.Ф.17 Физика излучения электромагнитных волн, 1.Ф.16 Физические основы электроники, 1.О.05.01 Алгебра и геометрия, 1.О.02 История России, Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)	1.Ф.02 Экономика и управление на предприятии, 1.Ф.14 Физико-химические основы технологии РЭС

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.02 История России	Знает: Основные этапы историко-культурного развития России, закономерности исторического процесса , Механизм возникновения проблемных ситуаций в разные исторические эпохи. Умеет: Соотносить факты, явления и процессы с исторической эпохой, воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом контекстах , Анализировать различные способы преодоления проблемных ситуаций, возникавших в истории, осуществлять поиск, анализ и синтез исторической информации Имеет практический опыт: Практические навыки анализа социально-культурных проблем в контексте мировой истории и современного социума, Имеет практический опыт выявления и систематизации различных стратегий действий в проблемных ситуациях
1.Ф.16 Физические основы электроники	Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития электроники , естественнонаучную сущность физических проблем, возникающих при анализе электронных приборов Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о электронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой , применять для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для электронных приборов. Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями электронных устройств, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в электронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат; проводить экспериментальные исследования электронных приборов и использовать информационные технологии
1.О.05.03 Специальные главы математики	Знает: основные понятия векторного и комплексного анализа, теории рядов; основные математические методы специальных разделов математики, применяемые в исследовании профессиональных проблем, основные понятия векторного и комплексного анализа, теории рядов; основные математические методы специальных разделов математики, применяемые в исследовании профессиональных проблем Умеет: использовать в профессиональной деятельности базовые знания специальных

	разделов математики; применять математические модели простейших систем и процессов для решения профессиональных задач, использовать в профессиональной деятельности базовые знания специальных разделов математики; применять математические модели простейших систем и процессов для решения профессиональных задач Имеет практический опыт: использования средств и методов векторного и комплексного анализа, теории рядов в и основ математического моделирования в практической деятельности, использования средств и методов векторного и комплексного анализа, теории рядов в и основ математического моделирования в практической деятельности
1.Ф.17 Физика излучения электромагнитных волн	Знает: основные понятия, уравнения и законы электродинамики и распространения радиоволн; модели элементарных излучателей; поведение электромагнитных полей в ближней, дальней и переходной зонах Умеет: оценивать основные параметры электромагнитных полей; проводить измерения различных электрических и магнитных физических величин; грамотно использовать технические средства измерений; вести обработку данных физического эксперимента; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой Имеет практический опыт: основными операциями векторного анализа, основными методами исследования электромагнитных полей и на практике использовать эти знания для анализа физических и технических характеристик изделий радиоэлектроники.
1.О.07 Информатика и программирование	Знает: "основы теории информации; технические и программные средства реализации информационных технологий; глобальные и локальные компьютерные сети; современные языки программирования, программное обеспечение и технологии программирования; средства автоматизации математических расчетов. современные языки программирования, программное обеспечение и технологии программирования; средства автоматизации математических расчетов. ", основные свойства, формы представления алгоритмов, основные типы алгоритмических структур, современные языки программирования для разработки компьютерных программ, пригодных для практического применения. Умеет: "использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения, решать простые задачи алгоритмизации, создавать программы на языке высокого уровня. использовать возможности вычислительной техники и

	программного обеспечения, решать простые задачи алгоритмизации, создавать программы на языке высокого уровня", разрабатывать компьютерные программы, реализующие линейные, разветвляющиеся и циклические алгоритмы, для решения прикладных задач. Имеет практический опыт: "Владеет основными методами работы на ПЭВМ с прикладными программными средствами, навыками программирования и математического моделирования. основными методами работы на ПЭВМ с прикладными программными средствами, навыками программирования и математического моделирования, способен к разработке текстовой, программной документации в соответствии с нормативными требованиями ЕСПД", разработки, отладки и тестирования алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения.
1.О.05.04 Теория вероятностей и математическая статистика	Знает: основные понятия и методы теории вероятностей и математической статистики, типовые законы распределения случайных величин, основные формулы математической статистики для решения прикладных задач в профессиональной деятельности Умеет: "применять математические пакеты программ для решения типовых задач теории вероятностей и математической статистики" Имеет практический опыт: навыками использования методов теории вероятностей и математической статистики для решения задач профессиональной деятельности по обработке результатов экспериментального исследования
1.О.13 Радиокomпоненты	Знает: свойства материалов радиокomпонентов, актуальное состояние электроники и текущие возможности элементной базы Умеет: находить и анализировать информацию о свойствах материалов радиокomпонентов и самих радиокomпонентах, обрабатывать и анализировать информацию о радиокomпонентах Имеет практический опыт: получения данных измерений и модельных (справочных) данные о радиокomпонентах, исследования параметров и характеристик радиокomпонентов
1.О.09 Основы теории цепей и электротехника	Знает: "основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования; принципы философии, относящиеся к самоконтролю, саморазвитию и самообразованию человека.", законы теории цепей и электротехники, "Основные элементы электрических цепей и их параметры. Топологию электрических цепей. Основные методы анализа электрических цепей.", "Основные режимы работы электрических цепей." Умеет:

	планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения; планировать этапы работы на основе цели и задач исследования, проводить экспериментальные исследования по теории цепей и электротехники, "Объяснять физическое назначение элементов и влияние их параметров на функциональные свойства и переходные процессы электрических цепей.", выполнять чертежи при помощи пакетов графических программ; строить трехмерные модели объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать визуализированные презентации спроектированных объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ Имеет практический опыт: "Имеет практический опыт: управления собственным временем; определения направления саморазвития и самообразования; составления плана работы и его реализации.", обработки и представления данных, полученных в результате экспериментальных исследований по теории цепей и электротехники, Владением практическими методами измерения параметров и характеристик электрических цепей, : работы в пакетах графических программ; приемами компьютерного дизайна; техникой работы с цветом и использования всей палитры цветов
1.О.05.01 Алгебра и геометрия	Знает: теоретические основы линейной и векторной алгебры и аналитической геометрии; геометрический и физический смысл основных понятий алгебры и геометрии; простейшие приложения алгебры и геометрии в профессиональных дисциплинах, теоретические основы линейной и векторной алгебры и аналитической геометрии; геометрический и физический смысл основных понятий алгебры и геометрии; простейшие приложения алгебры и геометрии в профессиональных дисциплинах Умеет: использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания дисциплины; применять на практике знание дисциплины и проявлять высокую степень понимания; переводить на математический язык простейшие проблемы, поставленные в терминах других предметных областей; приобретать новые математические знания, используя образовательные информационные технологии, использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания дисциплины; применять на практике знание дисциплины и проявлять высокую степень понимания; переводить на математический язык простейшие проблемы, поставленные в терминах

	других предметных областей; приобретать новые математические знания, используя образовательные информационные технологии Имеет практический опыт: использования основных методов линейной алгебры и аналитической геометрии для решения задач, связанных с профессиональной деятельностью; навыками анализа учебной и научной математической литературы, использования основных методов линейной алгебры и аналитической геометрии для решения задач, связанных с профессиональной деятельностью; навыками анализа учебной и научной математической литературы
1.О.15 Химия	Знает: "содержание основных разделов, составляющих теоретические основы химии как системы знаний о веществах и химических процессах" Умеет: "выполнять эксперименты и обобщать наблюдаемые факты с использованием химических законов, предвидеть физические и химические свойства веществ на основе знания о строении вещества, природе химической связи, пользоваться химической литературой и справочниками" Имеет практический опыт: "Владеет элементарными приемами работы в химической лаборатории и навыками обращения с веществом, общими правилами техники безопасности при обращении с химической посудой, лабораторным оборудованием и химическими реактивами"
1.Ф.13 Основы компьютерного моделирования	Знает: основные способы работы с графическими изображениями; способы хранения и передачи информации; методику адаптации пакетов графических программ для конкретных областей применения; , основные понятия и команды пакетов графических программ (ППП), позволяющие строить двух- и трехмерные изображения (в виде чертежей или рисунков) объектов и изделий; Умеет: строить трехмерные модели объектов; создавать визуализированные презентации спроектированных объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ, выполнять чертежи при помощи пакетов графических программ; строить трехмерные модели объектов и изделий при помощи пакетов графических программ; создавать пользовательские приложения для пакетов графических программ Имеет практический опыт: компьютерного моделирования и визуализации; работы с цветом и использования всей палитры цветов; составления макросов и программ для адаптации графических пакетов., выполнения двумерных чертежей; построения трехмерных объектов;

	работы в пакетах графических программ; приемами компьютерного дизайна;
1.О.05.02 Математический анализ	Знает: основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основные методы решения стандартных задач, использующих аппарат математического анализа, основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных; основные методы решения стандартных задач, использующих аппарат математического анализа Умеет: использовать методы математического анализа для решения стандартных профессиональных задач; применять математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений в профессиональных дисциплинах, использовать методы математического анализа для решения стандартных профессиональных задач; применять математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений в профессиональных дисциплинах Имеет практический опыт: решения прикладных задач с использованием методов математического анализа; применения дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных в дисциплинах естественнонаучного содержания, решения прикладных задач с использованием методов математического анализа; применения дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных в дисциплинах естественнонаучного содержания
Учебная практика (ознакомительная) (2 семестр)	Знает: фундаментальные основы высшей математики, включая алгебру, геометрию и математический анализ, методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных; , основные приемы обработки и представления экспериментальных данных Умеет: самостоятельно использовать математический аппарат, содержащийся в литературе, расширять свои математические познания, применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных; , решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств и соответствующего математического аппарата Имеет практический опыт: проведения инженерных расчетов; использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач, применения методов поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных; , сбора, обработки и

	анализа отечественной и зарубежной научно-технической информации по тематике исследования в области электроники
--	---

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к зачёту	16,75	16,75
Подготовка к практическим занятиям	37	37
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Фундаментальные явления в низкоразмерных структурах.	14	6	8	0
2	Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем.	4	4	0	0
3	Методы получения наноструктур.	8	8	0	0
4	Углеродные наноструктуры.	6	4	2	0
5	Сверхрешётки.	4	2	2	0
6	Электронные приборы нанoeлектроники.	12	8	4	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Терминология дисциплины, основные понятия и определения, система единиц физических величин СИ. Нанoeлектроника. Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике. Нанотехнология.	2
2	1	Наночастицы. Нанообъекты. Объёмные (трёхмерные). Двумерные (квантовая яма, плёнка). Одномерные (квантовый шнур, проволока). Нуль-мерные (квантовая точка). Фундаментальные явления в низкоразмерных структурах.	2

		Квантовые основы нанoeлектроники. Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Стационарные состояния частицы в потенциальной яме. Квантовый размерный эффект для электронов в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Принцип квантования и квантовое ограничение.	
3	1	Туннельный эффект. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прохождения. Туннельный микроскоп. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний свободного электрона. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний квантовой пленки. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний квантовой нити. Энергетическая диаграмма и плотность квантовых состояний квантовой точки.	2
4	2	Методы исследования и диагностика нанообъектов и наносистем. Пространственное разрешение: понятие, критерии. Дифракционный предел разрешающей способности. Оптическая микроскопия для исследования нанообъектов. Ограничения использования оптической микроскопии. Рентгеновская микроскопия. Взаимодействие электронов с веществом. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия (РЭМ, СЭМ, SEM). Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ, ТЕМ). Ограничение разрешения электронной оптикой. Ограничения разрешения из-за радиационных дефектов. Просвечивающие микроскопы с коррекцией сферических аберраций.	2
5	2	Ионные микроскопы. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ). Сканирующий атомно-силовой микроскоп (АСМ). Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля (СОМБП, SNOM). Использование сканирующего оптического микроскопа ближнего поля для сверхплотной оптической записи.	2
6	3	Методы получения наноструктур. Два подхода к изготовлению структур в нанотехнологиях «сверху вниз» и «снизу-вверх». Эпитаксиальные методы получения наноструктур. Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Основные достоинства технологии МЛЭ.	2
7	3	Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии. Механизм Франка-Ван дер Мерве. Механизм Фольмера-Вебера. Механизм Странского-Крастанова. Перспективы использования массивов квантовых точек в приборных структурах.	2
8	3	Нанолитография. Оптическая литография (фотолитография). Электроннолучевая литография. Рентгенолитография. Ионолитография. Импринт-литография.	2
9	3	Зондовые нанотехнологии. Общие принципы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующий туннельный микроскоп. Нанотехнологии на основе СТМ. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Нанолитография на основе АСМ.	2
10	4	Углеродные наноструктуры. Методы получения углеродных нанотрубок. Методы наблюдения углеродных нанотрубок. Структура углеродных нанотрубок.	2
11	4	Зонная структура углеродных нанотрубок. Физические свойства углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки в нанотехнологии.	2
12	5	Сверхрешётки. Модель Кронига-Пенни. Полупроводниковые композиционные сверхрешётки.	2
13	6	Электронные приборы нанoeлектроники. Структура и принцип работы одноэлектронного транзистора.	2
14	6	Структура и принцип работы КНИ-транзисторов. Отличительные особенности.	2
15	6	Структура и принцип работы НЕМТ-транзисторов. Основные параметры.	2

		Структура и принцип работы транзистора на квантовых точках.	
16	6	Структура и принцип работы резонансно-туннельного диода. Структура и принцип работы резонансно-туннельного транзистора. Одноэлектронный механический транзистор. Структура и принцип работы. Транзистор и переключатель на углеродных нанотрубках.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Теория атома водорода по Бору. Размеры атомов и наноразмерных структур.	2
2	1	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Стационарные состояния частицы в потенциальной яме. Квантовый размерный эффект для электронов в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Принцип квантования и квантовое ограничение.	2
3	1	Туннельный эффект. Прохождение микрочастиц через потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прохождения.	2
4	1	Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в основных наноразмерных структурах.	2
5	4	Углеродные наноструктуры. Физические свойства углеродных нанотрубок. Углеродные нанотрубки в нанoeлектронике.	2
6	5	Модель Кронига-Пенни. Сверхрешётки контрвариантные и ковариантные.	2
7	6	Структура и принцип работы НЕМТ-транзисторов. Основные параметры. Структура и принцип работы транзистора на квантовых точках.	2
8	6	Структура и принцип работы резонансно-туннельного диода. Структура и принцип работы резонансно-туннельного транзистора.	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачёту	ЭУМД, основн. 1, гл. 2-4. Троян, П.Е. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 2. Часть 1, гл. 6. Часть 2, гл. 1-2. Часть 3, гл. 1-2. Часть 4, гл. 1-2. Щука, А.А. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 345 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/84102 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 3. Часть 1-2. Часть 3, гл. 10. Головин, Ю.И.	5	16,75

	Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5793 — Загл. с экрана.		
Подготовка к практическим занятиям	ЭУМД, основн. 1, гл. 2-4. Троян, П.Е. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 2. Часть 1, гл. 1, с.104-111; гл. 6, с.64-65, с.76-87. Часть 4, гл. 1-2. Щука, А.А. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 345 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/84102 — Загл. с экрана. ЭУМД, основн. 3. Часть 1-2. Часть 3, гл. 10. Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5793 — Загл. с экрана.	5	37

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Текущий контроль	Расчетно-графическая работа 1	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу):	зачет

						- расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графическую работу) – 1.	
2	5	Текущий контроль	Расчётно-графическая работа 2	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графическую работу) – 1.	зачет
3	5	Текущий контроль	Расчётно-графическая работа 3	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие	зачет

						на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графическую работу) – 1.	
4	5	Текущий контроль	Расчётно-графическая работа 4	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графическую работу) – 1.	зачет
5	5	Текущий контроль	Расчётно-графическая работа 5	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл;	зачет

						- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графическую работу) – 1.	
6	5	Текущий контроль	Расчётно-графическая работа 6	1	3	Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии начисления баллов (за каждую расчётно-графическую работу): - расчётная и графическая части выполнены верно – 3 балла; - расчётная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла; - в расчётной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл; - работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов. Максимальное количество баллов – 3. Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчётно-графическую работу) – 1.	зачет
7	5	Бонус	Бонусное задание	-	0,75	Студент представляет копии документов, подтверждающие победу или участие в предметных олимпиадах по темам дисциплины. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимально возможная величина бонус-рейтинга +15%.	зачет
8	5	Промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация	-	5	Промежуточная аттестация проводится в форме ответов на вопросы, приведённые в билете. Контрольные мероприятия промежуточной аттестации проводятся во время зачёта. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). На зачёте за ответы начисляется: 5 баллов - 85-100% правильных ответов; 4 балла - 75-85% правильных ответов; 3 балла - 60-74% правильных ответов;	зачет

						2 балла - 40-59% правильных ответов; 1 балл - менее 40% правильных ответов; 0 баллов - студент не явился на зачёт.	
--	--	--	--	--	--	--	--

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	На зачёте происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100%. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74%. Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59%.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ							
		1	2	3	4	5	6	7	8
УК-1	Знает: основные положения, законы и методы естественных наук, тенденции развития микро- и нанoeлектроники	+	+	+	+	+	+	+	+
УК-1	Умеет: представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира, находить и анализировать информацию о микро- и нанoeлектронных устройствах; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой	+	+	+	+	+	+	+	+
УК-1	Имеет практический опыт: работы с информационными системами, физико-математическим аппаратом и физическими моделями микро- и нанoeлектронных устройств	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Знает: естественнонаучную сущность физических проблем, возникающих при анализе полупроводниковых микро- и нанoeлектронных приборов.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Умеет: привлекать для решения адекватный по сложности физико-математический аппарат и применять физические модели для микро- и нанoeлектронных приборов.	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-11	Имеет практический опыт: выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих при анализе физических процессов в микро- и нанoeлектронных приборах, привлекать для их решения адекватный физико-математический аппарат и информационные технологии	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Шишкин, Г. Г. Электроника [Текст] учебник для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Юрайт, 2014. - 703 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Гуртов, В. А. Твердотельная электроника [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика" В. А. Гуртов. - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 406, [1] с. ил.
2. Марголин, В. И. Физические основы микроэлектроники [Текст] учебник для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектрон. средств" направления "Проектирование и технология электрон. средств" В. И. Марголин, В. А. Жабрев, В. А. Тупик. - М.: Академия, 2008. - 398, [1] с. ил. 22 см.
3. Щука, А. А. Электроника [Текст] учебное пособие для вузов по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника А. А. Щука. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 739 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Физика твёрдого тела, науч.-теорет. журн., Рос. акад. наук, Отделение общ. физики и астрономии, Физ.-техн. ин-т им. А. Ф Иоффе.
2. Журнал «Российские нанотехнологии». Федеральное агентство по науке и инновациям РФ, ООО «Парк-медиа».

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Троян, П.Е. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4967> — Загл. с экрана.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Троян, П.Е. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4967> — Загл. с экрана.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Троян, П.Е. Нанoeлектроника. [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР, 2010. — 88 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/4967 . — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства	Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-730-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-

		Лань	библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/135510 . — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Головин, Ю.И. Основы нанотехнологий. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М.: Машиностроение, 2012. — 656 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/5793 — Загл. с экрана.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ткалич, В.Л. Физические основы наноэлектроники. [Электронный ресурс] / В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2011. — 83 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/40883 — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
3. Autodesk-AutoCAD(бессрочно)
4. Autodesk-Educational Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)
2. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	1012 (3б)	Компьютер, проекционный аппарат, интернет.
Практические занятия и семинары	1017 (3б)	Лаборатория «Физические основы электроники, микро- и наноэлектроники». Компьютеры, подключенные к сети Интернет, с пакетом прикладных программ, специализированное программное обеспечение. Демонстрационные образцы элементов: Различные полупроводниковые и микроэлектронные приборы, образцы радиоматериалов и изделия из них.