

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 01.09.2025 15:11:42

Уникальный программный ключ:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



И.Г. Игнатова

«23» *декабря* 2020 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические основы электроники»

Направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Квантовые приборы и нанoeлектроника»

2020 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих профессиональных компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК- 1 «Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и микроэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.040 Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков

Обобщенная трудовая функция: Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки

Трудовые функции: А/01.6 Разработка электрических схем стандартных ячеек библиотеки.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.ФОО «Способен строить физические и математические модели электронных процессов в полупроводниках»	- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; - участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;	Знать: - основные электронные свойства полупроводников, определяющих рабочие параметры дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем различного функционального назначения; Уметь: - делать количественные оценки электрических параметров полупроводников при определённых условиях; Иметь опыт: - составления математической модели для описания электронных процессов в полупроводниках.

Компетенция ПК-2 «Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения» сформулирована на основе следующих профессиональных стандартов:

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Трудовые функции: С/01.6 Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2.ФОЭ Способен определять электрофизические параметры полупроводниковых материалов и приборных структур по полученным результатам экспериментальных измерений	- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; - участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;	Знать: - основные физические процессы, определяющие концентрацию и подвижность носителей заряда в полупроводниках; Уметь: - вычислять электрические параметры полупроводниковых материалов по наблюдаемым экспериментальным данным; Иметь опыт: - обработки экспериментальных данных

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Для её освоения требуются знания, умения и опыт деятельности, приобретаемые студентами при изучении следующих дисциплин: Математический анализ; Физика. Электричество и магнетизм; Физика. Атомная физика и строение вещества; Теория вероятностей и математическая статистика; Квантовая механика.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
3	5	6	216	32	16	32	100	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	практические занятия (часы)		
1. Строение и электронные свойства полупроводниковых кристаллов	12	–	12	32	Опрос 1
					Опрос 2
					Сдача практикоориентированного задания
2. Статистика носителей заряда в полупроводниках	14	–	16	36	Опрос 3
					Коллоквиум
					Сдача практикоориентированного задания

3. Аморфные и органические полупроводники, границы раздела	6	–	4	12	Опрос 4
4. Лабораторный практикум	–	16	–	20	Защита лабораторных работ

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Типы конденсированных сред. Симметрия и структура кристаллов. Определение конденсированного состояния, классификация конденсированных сред; геометрическая структура кристаллов, элементы симметрии, решетки Бравэ; типы кристаллических сингоний; кристаллическая структура основных полупроводников, квазикристаллы
	2	2	Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристалле. Кристаллографические координаты, индексы Миллера; дифракция рентгеновских и электронных волн на кристалле, условия дифракции Лауэ и Вульфа-Брэгга, брэгговские плоскости, обратная решетка, структурные и атомные факторы рассеяния.
	3,4	4	Основы зонной теории твёрдого тела. Адиабатическое и одноэлектронное приближения зонной теории. Уравнение Шредингера в периодическом потенциале, граничные условия Борна-Кармана, теорема Блоха и блоховская волновая функция. Энергетические зоны, зоны Бриллюэна, число состояний в зоне Бриллюэна; классификация кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Эффективная масса носителя заряда в кристалле, поверхность Ферми и уровень Ферми; плотность состояний.
	5	2	Особенности зонной структуры основных полупроводников. Понятие дырки. Особенности зонной структуры полупроводников 4-й группы и соединений A ₃ B ₅ , sp ³ -гибридизация. Эллипсоиды проводимости. Легкие и тяжелые дырки.

	6	2	Типы и роль примесей в кристаллах. Типы и роль примесей в кристаллах. Доноры и акцепторы, мелкие и глубокие примесные состояния. Водородоподобные примесные центры. Методы описания примесей в кристалле, метод эффективной массы.
2	7	2	Концентрация носителей заряда в полупроводниках. Функция распределения носителей заряда в полупроводниках. Концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне
	8	2	Уравнение электронейтральности. Функция заполнения примесного центра. Концентрация электронов в зоне проводимости полупроводников 4-й группы и соединений АЗВ5. Золотое правило статистики. Уравнение электронейтральности. Функция заполнения примесного центра. Собственные полупроводники
	9	2	Концентрация носителей заряда в легированных полупроводниках. Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в донорном полупроводнике. Акцепторные полупроводники. Компенсированные полупроводники
	10	2	Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Неравновесные носители заряда в полупроводниках. Генерация и рекомбинация. Типы и механизмы рекомбинации. Время жизни. Квазиуровень Ферми. Концентрация носителей заряда в присутствии электростатического потенциала.
	11	2	Время жизни при различных механизмах рекомбинации. Рекомбинация зона-зона. Рекомбинация через ловушки. Модель Шокли-Рида-Холла. Зависимость времени жизни от концентрации и положения уровня ловушки. Оже-рекомбинация
	12, 13	4	Кинетические процессы в полупроводниках. Уравнения непрерывности. Диффузионный и дрейфовый токи. Подвижность и коэффициент диффузии. Соотношение Эйнштейна. Амбиполярные диффузия и дрейф. Диффузионная длина. Экранирование электрического поля в полупроводнике. Дебаевская длина экранирования. Эффект поля.
3	14	2	Сильно легированные и аморфные полупроводники Глубокие примеси в полупроводниках. Многочarged примесные центры. Механизмы образования связанных состояний на отталкивательных центрах. Сильно легированные и неупорядоченные полупроводники. Локализация Андерсона и переход Мотта. Хвосты плотности состояний и щель подвижности.

	15	2	Свойства поверхности. Поверхность и поверхностные таммовские состояния. Энергетические зоны поверхности. Заряд поверхностных состояний. Пиннинг уровня Ферми. Работа выхода
	16	2	Органические полупроводники. Сопряженные полимеры. Пайерлсовская неустойчивость. Допирование сопряженных полимеров. Солитоны и поляроны

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Кристаллическая структура твердых тел
	2	2	Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристалле.
	3,4	4	Метод сильно связанных электронов.
	5	2	2D материалы
	6	2	Функция распределения носителей заряда. Эффективная масса
2	7	2	Собственные полупроводники
	8,9	4	Уравнение электронейтральности.
	10	2	Неоднородные, неравновесные полупроводники
	11	2	Коллоквиум
	12, 13	4	Диффузионно-дрейфовая модель
	14	2	Генерация и рекомбинация носителей заряда
3	15	2	Локализованные электронные состояния.
	16	2	Защита практикоориентированного задания

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятия (часы)	Наименование работы
4	1	4	Определение структуры кристаллов с помощью дифракции рентгеновских лучей.
	2	4	Определение ширины запрещенной зоны полупроводников из измерений температурной зависимости электропроводности.
	3	4	Бесконтактный метод измерения удельного сопротивления полупроводников.
	4	4	Определение времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках методом спада фотопроводимости

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятия (часы)	Вид СРС
1–3	16	Работа с конспектом лекций. Чтение и разбор рекомендованной литературы.
	8	Изучение дополнительной тематической литературы и Интернет-ресурсов.
	18	Разбор решенных на семинарах задач. Решение тематических задач
	6	Подготовка к опросам
	12	Подготовка к коллоквиуму
	20	Выполнение практикоориентированного задания
4	4	Подготовка к выполнению лабораторной работы: чтение теоретического материала, написание краткого конспекта основных теоретических сведений,
	4	Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучение схемы экспериментальной установки, изучение методики выполнения работы
	6	Обработка экспериментальных результатов. Подготовка ответов на поставленные преподавателем вопросы.
	6	Написание отчёта о проделанной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Выполнение курсовых работ (проектов) не предусмотрено

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модули 1–3

1. Теоретический материал по тематике лекций и семинарских заданий
2. Методические указания по выполнению практико-ориентированного задания
3. Список вопросов к коллоквиуму
4. Список учебной литературы

Модуль 4 «Лабораторный практикум»

1. Описания лабораторных работ
2. Список контрольных вопросов

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература:

1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников : Учеб. / А.И. Ансельм. - 4-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2016. - 624 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71742> (дата обращения: 17.12.2020). - ISBN 978-5-8114-0762-0 .
2. Горбацевич А.А. Физика полупроводников : Учеб. пособие / А.А. Горбацевич, М.Н. Журавлев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2017. - 136 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0867-0.
3. Ашкрофт Н. Физика твердого тела : В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 1 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин; Ред. пер. М.И. Каганов. - М. : Мир, 1979. - 399 с.
3. Ашкрофт Н. Физика твердого тела : В 2-х т.: Пер. с англ. Т. 2 / Н. Ашкрофт, Н. Мермин; Ред. пер. М.И. Каганов. - М. : Мир, 1979. - 422 с.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела : [учебное руководство] / Ч. Киттель. - 2-е изд., стер. ; Перепечатка с изд. 1978 г. - М. : Альянс, 2014. - 792 с.

5. Ю П. (Yu Peter). Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors. Physics and Materials Properties / Peter Yu, Manuel Cardona - Springer, 2002 : Пер. с англ. / Ю П., М. Кардона. - 3-е изд. - М. : Физматлит, 2002. - 560 с. : ил. - ISBN 5-9221-0268-0
6. Бонч-Бруевич В.Л. Физика полупроводников : Учеб. пособие для вузов / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. - М. : Наука, 1990. - 685 с.
7. Бонч-Бруевич В. Л. Сборник задач по физике полупроводников / Бонч-Бруевич В. Л., Звягин И. П., Карпенко И. В., Миронов А. Г. // М.: Наука, 1987. - 144 с.

Периодические издания:

1. ФИЗИКА И ТЕХНИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ = SEMICONDUCTORS / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе; Гл. ред. Р.А. Сурис. - СПб. : Наука, 1967 - . - URL: <http://journals.ioffe.ru/ftp/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.
2. УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК : Научный журнал / Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Редакция журнала УФН. - М. : РАН, 1918 - . - URL:<http://ufn.ru/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
3. ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ : Научный журнал / РАН, Ин-т физических проблем им. П.Л. Капицы. - М. : РАН, Наука, 1873 - . - URL:<http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
4. ПИСЬМА В ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ = JETP Letters / Российская академия наук, Институт физических проблем им. П. Л. Капицы РАН. - М. : ИКЦ Академкнига, 1965 - . – URL: <http://www.jetpletters.ac.ru/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный
5. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS / American Institute of Physics. - USA : AIP, [б.г.]. - URL: <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jap> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: по подписке МИЭТ.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. NSM Archive. Characteristics and Properties = Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства: Электронный архив / webmaster Алексей Толмачев // ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН : [сайт]. – Москва, 1998-2001. - URL: <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html> (дата обращения: 27.11.2020).

2. SCOPUS : Библиографическая и реферативная база данных научной периодики : сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 27.11.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
3. Web of Science [v.5.35]: сайт. - URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 27.11.2020).
4. ФИПС : Информационно-поисковая система: сайт. - Москва, 2009 - . - URL: <https://www1.fips.ru/elektronnye-servisy/informatsionno-poiskovaya-sistema/index.php> (дата обращения: 27.11.2020)
5. MATLAB : [раздел сайта] // MathWorks : [сайт]. - 1994-2020. - URL: <https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> (дата обращения: 27.11.2020)
6. WebCSD // The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC) : [сайт]. - URL: <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/> (дата обращения: 27.11.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ
7. APS Physics: [сайт] / American Physical Society Sites. - URL: <https://www.aps.org/> (дата обращения: 20.10.2020). – Режим доступа: свободный.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС <http://orioks.miet.ru>.

В ходе реализации обучения используются технологии смешанного обучения.

Применяется модель смешанного обучения «перевернутый класс». Учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент должен самостоятельно ознакомиться с материалом, размещенным в электронной среде. В аудитории проверяются и дополняются полученные знания с помощью дискуссий и решения практических задач. Работа поводится по следующей схеме: СРС (онлайновая преподавательная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса) - аудиторная работа (семинар с представлением и обсуждением выполненной работы, решение практических задач с опорой на результаты самостоятельной работы) - обратная связь с обсуждением и подведением итогов.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта преподавателя, zoom-консультации.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются внутренние электронные ресурсы в системе ОРИОКС

**9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Учебная доска	Не требуется
Лаборатория физики конденсированного состояния (ауд. 4347)	Персональные компьютеры Высокочастотный анализатор полупроводников Генератор импульсный Agilent 33220A Измеритель добротности 50 кГц-35мГц BM-560 Комплект из 6-ти интерфейсных устройств PCI-GPIB NI-488.2 Осциллограф 2 канальный 100МГц TDS 2012B СБ E6550/iG33/1024MB/250G/CF7300/266/DESK TOP/ms Вольтметр Agilent 34405A Вольтметр Agilent 34411A Вольтметр универсальный В7-30 Измеритель RCL Измеритель добротности BM-560 Измеритель цифровой E7-12 Источник питания Agilent E3634A Источник питания 0-30 В, 0-5А GPR-3060D Источник питания 0-30 В, 0-3А Б5-47 Источник питания Agilent E3634A Вольтметр Agilent 34411A Уст. изм. эфф. Холла HMS-5000/055 Т Учебно-лабораторный стенд для измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов Цифровой мультиметр Agilent 34405A Программный комплекс по моделированию эл.-маг. характеристик базовых элем. Источник питания Agilent E3645A Источник питания Agilent 6645A	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
--	---	--

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции ПК-1.ФОЭ «Способен строить физические и математические модели электронных процессов в полупроводниках».
2. ФОС по подкомпетенции ПК-2.ФОЭ Способен определять электрофизические параметры полупроводниковых материалов и приборных структур по полученным результатам экспериментальных измерений.

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Изучение материала дисциплины происходит во время лекционных занятий, семинарских занятий, лабораторных работ и в ходе самостоятельной работы. Посещение лекций, семинаров и лабораторных работ обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся преподавателем еженедельно, их посещать необязательно.

Цель лекций, семинаров – обучение базовым знаниям и умениям. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Лектор предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы, а также проводит для желающих еженедельные консультации. Тема консуль-

тации, как правило, повторяет тему лекции, которая читалась на неделе, предшествующей консультации.

На семинарах, проводимых в диалоговом режиме, студенты получают специальные знания, умения и опыт деятельности посредством разбора и решения модельных задач. Модельная задача представляет собой упрощённое представление изучаемых процессов, допускающее относительно простую математическую формализацию. Характерной особенностью семинарского занятия является обсуждение со студентами применимости физических законов, математических выкладок и возникающих в процессе решения задачи сложностей.

Для приобретения опыта деятельности по будущей профессии, во второй половине семестра для самостоятельно разбора и изучения выдаётся практикоориентированное задание. Задание направлено на работу с профессиональными базами данных и документацией по современным приборно-технологическим САПР (Sentaurus TCAD). Вначале изучается документация и составляется краткое описание применяемых в САПР математических моделей. Далее, в соответствии с заданием, обоснованно выбирается набор моделей для решения задачи расчёта рабочих характеристик определённого полупроводникового прибора. Результаты проверяются преподавателем. Как показывает практика, наибольшую трудность в современных профессиональных задачах и кейсах представляет формализация условия, т. е. перевод информации с русского языка на язык математических законов, формул и отношений. Поэтому необходимо научить студентов отбрасывать несущественные детали условия, пользоваться упрощёнными моделями и схемами, опираться на известные физические законы.

Выполнению лабораторной работы предшествует предварительная подготовка, в ходе которой необходимо изучить теоретический материал по тематике лабораторной работы и разобрать схему проведения эксперимента. К выполнению работы допускается студент, продемонстрировавший знания объекта исследований, методики проведения экспериментов и имеющий заготовленные заранее формы представления экспериментальных результатов. Лабораторные работы проводятся, как правило, в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения исследований и при защите полученных результатов. По окончании каждой лабораторной работы проводится обсуждение и защита результатов выполнения работы с каждым студентом.

11.2. Система контроля и оценивания

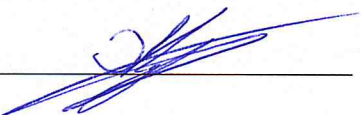
Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и сдача экзамена.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/> .

РАЗРАБОТЧИКИ:

Доцент каф. КФН, к. ф.-м. н.



/Журавлёв М. Н. /

Рабочая программа дисциплины «Физические основы электроники» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Квантовые приборы и нанoeлектроника» разработана на кафедре квантовой физики и нанoeлектроники (КФН) и утверждена на заседании кафедры 17 декабря 2020 года, протокол № 12

Заведующий кафедрой КФН

 /А. А. Горбачевич/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

 / И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

 / Т.П.Филиппова /