

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:02:18  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d74c869ba882b8d6602

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

2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ»

Направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»  
Направленность (профиль) – «Интегральная электроника и наноэлектроника»

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»	<ul style="list-style-type: none"><li>- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;</li><li>- участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств;</li></ul>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные электронные свойства полупроводников, определяющих рабочие параметры дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем различного функционального назначения;</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- делать количественные оценки электрических параметров полупроводников при определённых условиях;</li></ul> <p>Иметь опыт:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- составления математической модели для описания электронных процессов в полупроводниках.</li></ul>

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

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

**Обобщенная трудовая функция А** «Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки»

**Трудовая функция А/02.6** «Определение основных статических и динамических характеристик стандартных ячеек библиотеки»

<b>Подкомпетенции, формируемые в дисциплине</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>	<b>Индикаторы достижения подкомпетенций</b>
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)	Лабораторные работы (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)	Практические занятия (часы)	Лабораторные занятия (часы)		
1. Строение и электронные свойства полупроводниковых кристаллов	12	–	12	32	Опрос 1
					Опрос 2
					Выполнение практикоориентированного задания
2. Статистика носителей заряда в полупроводниках	14	–	16	36	Опрос 3
					Коллоквиум
					Выполнение и защита практикоориентированного задания
3. Аморфные и органические полупроводники, границы раздела	6	–	4	12	Опрос 4
4. Лабораторный практикум	–	16	–	20	Выполнение и защита лабораторных работ

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	<b>Типы конденсированных сред. Симметрия и структура кристаллов.</b> Определение конденсированного состояния, классификация конденсированных сред; геометрическая структура кристаллов, элементы симметрии, решетки Бравэ; типы кристаллических сингоний; кристаллическая структура основных полупроводников, квазикристаллы
	2	2	<b>Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристалле.</b> 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	<b>Основы зонной теории твёрдого тела.</b> 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	<b>Особенности зонной структуры основных полупроводников.</b> Понятие дырки. Особенности зонной структуры полупроводников 4-й группы и соединений АЗВ5, sp <sup>3</sup> -гибридизация. Эллипсоиды проводимости. Легкие и тяжелые дырки.
	6	2	<b>Типы и роль примесей в кристаллах.</b> 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	<b>Концентрация носителей заряда в полупроводниках.</b> Функция распределения носителей заряда в полупроводниках. Концентрации электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне
	8	2	<b>Уравнение электронейтральности. Функция заполнения примесного центра.</b> 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	<b>Концентрация носителей заряда в легированных полупроводниках.</b> Положение уровня Ферми и концентрация носителей заряда в донорном полупроводнике. Акцепторные полупроводники. Компенсированные полупроводники
	10	2	<b>Неравновесные носители заряда в полупроводниках.</b> 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	<b>Время жизни при различных механизмах рекомбинации.</b> Рекомбинация зона-зона. Рекомбинация через ловушки. Модель Шокли-Рида-Холла. Зависимость времени жизни от концентрации и положения уровня ловушки. Оже-рекомбинация
	12, 13	4	<b>Кинетические процессы в полупроводниках.</b> 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	<b>Сильно легированные и аморфные полупроводники</b> Глубокие примеси в полупроводниках. Многозарядные 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	<b>Свойства поверхности.</b> Поверхность и поверхностные таммовские состояния. Энергетические зоны поверхности. Заряд поверхностных состояний. Пиннинг уровня Ферми. Работа выхода
	16	2	<b>Органические полупроводники.</b> 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. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (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 занятий (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. Горбачевич А.А. Физика полупроводников : Учеб. пособие / А.А. Горбачевич, 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/](http://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 преаудиторная 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

<b>Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень программного обеспечения</b>
Учебная аудитория		
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.	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC

	Источник питания Agilent E3645A Источник питания Agilent 6645A	
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 консультации, 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) «Интегральная электроника 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. Горбацевич/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ИЭМС

Заведующий кафедрой ИЭМС  /Ю.А. Чаплыгин/

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 /