



## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК- 2** «Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники 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>
<b>ПК-2.МетИзм</b> «Способен выбирать и реализовывать в своей исследовательской деятельности наиболее эффективные методы и методики экспериментального исследования характеристик материалов и элементов интегральных устройств»	<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><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– классификации объектов, классических объектов, анализ результатов их измерений;</li><li>– моделей транспорта зарядов в структурах с потенциальными барьерами различного вида и природы;</li><li>– классических и квантовых моделей применительно к твёрдым телам;</li><li>– аппаратной реализации методик измерений;</li></ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– умение применять классические и квантовые модели физики при моделировании и измерении транспортных характеристик в твёрдых телах;</li></ul> <p><b>Опыт деятельности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– опыт решения практических задач, связанных с</li></ul>

		выбором правильной методики обработки результатов измерений электрофизических параметров изделий нанoeлектроники;
--	--	---

## 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: Математика (Математический анализ, Линейная алгебра, Дифференциальные уравнения, Теория вероятностей, Физика (Электричество и магнетизм), Метрология, стандартизация и технические измерения.

## 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	2	72	16	16	-	40	ЗаО

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Основы измерений.	6	-	-	10	Контроль выполнения практического задания.
2. Методы измерений	10	-	-	18	
3. Лабораторный практикум	-	16	-	12	Выполнение и защита лабораторных работ

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Предмет курса: процесс измерения, активные и пассивные объекты, классификация объектов, классические объекты, анализ результатов их измерений.
	2	2	Физико-математическое моделирование, методики обработки результатов измерений характеристик транспорта заряда (стационарных ВАХ, переходных токов и температурных зависимостей тока).
	3	2	Математическое моделирование квантовых объектов. Проблемы квантовых измерений.
2	4-5	4	Малосигнальные равновесные методы измерений.
	6-7	4	Термостимулированные и релаксационные методы измерений.
	8	2	Аппаратная реализация методик измерений.

#### 4.2. Практические занятия

Не предусмотрены

#### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
3	1	4	Измерение параметров импульсного сигнала.
	2	4	Определение структуры кристаллов с помощью дифракции электронов по методу Дебая-Шерера.
	3	4	Определение постоянной Больцмана на основе изучения вольтамперных характеристик полупроводниковых р-п переходов.
	4	4	Изучение теплового шума и определение константы Больцмана.

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	3	Работа с конспектом лекций.
	7	Работа с профессиональными базами данных научных статей: поиск информации по теме лекций.
2	3	Работа с конспектом лекций.
	3	Работа с профессиональными базами данных научных статей: поиск информации по теме лекций.
	12	Выполнение практического задания: решение практико-ориентированных задач.
3	6	Вывод формул из описания лабораторных работ, написание краткого конспекта основных теоретических сведений.
	2	Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучение схемы экспериментальной установки, изучение методики выполнения работы
	2	Обработка экспериментальных результатов. Подготовка ответов на поставленные преподавателем вопросы.
	2	Написание отчёта о проделанной работе. Подготовка к защите лабораторной работы.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

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

#### Модуль 1 Основы измерений

1. Теоретический материал по тематике лекций.
2. Методические указания студентам.
3. Список учебной литературы.

#### Модуль 2 Методы измерений

1. Теоретический материал по тематике лекций.
2. Методические указания студентам.
3. Список учебной литературы.

#### Модуль 3 «Лабораторный практикум»

1. Описания лабораторных работ
2. Список контрольных вопросов

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература:

1. Ильичев Э.А. Лабораторный практикум по дисциплине "Экспериментальные методы исследования и основы метрологии нанообъектов" / Э.А. Ильичев, С.Б. Бурзин, В.Д. Михалин; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 68 с.
2. Ильичев Э.А. Учебное пособие по дисциплине "Экспериментальные методы исследования и основы метрологии нанообъектов" / Э.А. Ильичев; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ(ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 256 с.
3. Ильичев Э.А. Метрология в экспериментальной физике : Учеб. пособие / Э.А. Ильичев. - М. : МИЭТ, 2007. - 212 с. - Изд. выполнено в рамках инновац. образоват. программы МИЭТ "Соврем. проф. образование для рос. инновац. системы в области электроники". - Имеется электронная версия издания.

### 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 преподавательная работа с использованием внешнего или внутреннего ресурса) - аудиторная работа (лекции)- 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	Мультимедийное оборудование	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Лаборатория физики	Источник питания Agilent	Операционная система Microsoft Win-

ки конденсированного состояния (ауд. 4130)	Е3634А. Вольтметр Agilent 34411А. Вольтметр Agilent 34405А. Источник питания Agilent Е6545А. Источник питания Agilent Е6545А.	dows 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**

ФОС по подкомпетенции ПК-2.МетИзм «Способен выбирать и реализовывать в своей исследовательской деятельности наиболее эффективные методы и методики экспериментального исследования характеристик материалов и элементов интегральных устройств»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен 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**

Посещение лекций и лабораторных работ обязательно.

Дополнительной формой аудиторной работы являются консультации. Консультации проводятся лектором по расписанию, заранее согласованному со студентами.

Цель лекций – обучение базовым знаниям и умениям с частичным охватом материала повышенного уровня. Освоение дисциплины на повышенном уровне в значительной степени осуществляется студентом самостоятельно. Преподаватель, ведущий лекции, предоставляет студентам все необходимые для этого методические материалы. Тема консультации, как правило, повторяет тему практического занятия, которое проводилось на неделе, предшествующей консультации. На консультациях обсуждаются вопросы повышенного уровня сложности, теоретический материал по теме. При выполнении лабораторной работы студент сначала должен пройти допуск, при котором проверяется его готовность к выполнению работы. При этом проверяется конспект, содержащий краткие теоретические сведения с выводом необходимых формул и методику проведения эксперимента. Затем студент приступает к выполнению лабораторной работы в составе рабочей группы.

После проведения экспериментов студенты проводят обработку полученных результатов и их анализ, на основе которого формулируются выводы. Затем осуществляется за-



щита выполненной работы (индивидуально) и проставляется зачет. Защита включает предоставление отчета по работе, оформленного в соответствии с требованиями, изложенными в описании к работе, обоснование полученных результатов и сделанных выводов, а также ответы на контрольные вопросы.

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.

Студентам рекомендуется осуществлять поиск в научной периодике дополнительной информации по теме лекции с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем.

Контроль выполнения практического задания проводится на консультациях в течение семестра. Может быть организована беседа по разбору итогов выполненных практического задания и анализу ошибок.

Обязательным условием допуска к дифференцированному зачёту является сдача всех лабораторных работ.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (суммарно 38 баллов), посещаемость (16 баллов) и сдача дифференцированного зачёта (46 баллов). Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/> .

### РАЗРАБОТЧИКИ:

Проф. каф. КФН, д. ф.-м. н.  /Ильичев Э.А./

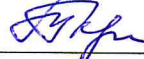
Ст. преподаватель каф. КФН  / А. Е. Широков /

Рабочая программа дисциплины «Методики измерений» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», направленности (профилю) «Интегральная электроника и наноэлектроника» разработана на кафедре квантовой физики и наноэлектроники (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 /