

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.09.2023 15:29:39  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

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

«01» сентября 2020 г.

М.П.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Методы математического моделирования»**

Направление подготовки – **11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»**

Направленность (профиль) – «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-5** «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию» сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков».

Обобщенная трудовая функция F «Разработка поведенческого описания модели сложнофункционального блока».

Трудовая функция F/01.7 «Поведенческое описание сложнофункционального блока».

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения компетенций
<b>ПК-5.МММ</b> Способен использовать методы математической физики для моделирования физических явлений и процессов в полупроводниковых структурах	– разработка физических и математических моделей; компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере	<b>Знания:</b> основные типы уравнений математической физики, типы краевых условий и их физический смысл; методы решения и исследования уравнений математической физики; <b>Умения:</b> применять знания и алгоритмы численных методов к решению практических задач, использовать их при изучении математических, физических и технических вопросов; <b>Опыт деятельности:</b> выбирать тип уравнения в частных производных, задавать краевые условия для создания моделей устройств интегральной электроники и наноэлектроники и реализовывать численные методы исследования моделей

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Входные требования к дисциплине: знания, умения по дисциплинам математический анализ, дифференциальные уравнения, дискретная математика, линейная алгебра и опыт их применения к решению практико-ориентированных задач.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоём- кость (ЗЕ)	Общая трудоём- кость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	1	3	108	32	–	–	76	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Уравнения математи- ческой физики	16	–	–	38	Защита индивидуального задания (часть № 1)
2. Метод конечных раз- ностей и метод конеч- ных элементов для мо- делирования физиче- ских явлений и процес- сов	16	–	–	38	Защита индивидуального задания (часть № 2)
					Итоговая контрольная рабо- та

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1-2	4	Постановка краевых задач для уравнений различных типов.
	3-4	4	Методы решения уравнений математической физики в декарто- вых координатах.
	5-6	4	Методы решения уравнений математической физики в полярных и цилиндрических координатах. Цилиндрические функции.
	7-8	4	Методы решения уравнений математической физики в сфериче- ских координатах. Сферические функции.
2	9-10	4	Метод конечных разностей. Аппроксимация дифференциального уравнения разностной схемой. Устойчивость, аппроксимация,

			сходимость. Методы исследования устойчивости.
	11-12	4	Уравнения с частными производными гиперболического, эллиптического и параболического типов. Алгоритмы решения и сходимость методов.
	13-14	4	Основные понятия метода конечных элементов.
	15-16	4	Представление дифференциального уравнения в вариационной постановке. Метод конечных элементов в глобальной системе координат.

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	18	Работа с учебными пособиями, конспектами лекций, материалами ЭМИРС и ресурсами Интернет по освоению содержания лекций
	20	Выполнение индивидуального задания (часть № 1)
2	14	Работа с учебными пособиями, конспектами лекций, материалами ЭМИРС и ресурсами Интернет по освоению содержания лекций
	20	Выполнение индивидуального задания (часть № 2)
	4	Подготовка к итоговой контрольной работе

#### 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/>):

- ✓ Семестровый план организации занятий по дисциплине;
- ✓ Методические указания для студентов: порядок начисления баллов по накопительной балльной системе; график контрольных мероприятий.

#### Модуль 1 «Уравнения математической физики»

- ✓ Видео-лекции по модулю (содержатся в разделе «Ресурсы для электронного обучения: онлайн-лекции»);
- ✓ Конспекты лекций, содержащие изложение теоретического материала модуля (содержатся в разделе «Электронное обучение»);

## **Модуль 2 «Метод конечных разностей и метод конечных элементов для моделирования физических явлений и процессов»**

- ✓ Видео-лекции по модулю (содержатся в разделе «Ресурсы для электронного обучения: онлайн-лекции»);
- ✓ Конспекты лекций, содержащие изложение теоретического материала модуля (содержатся в разделе «Электронное обучение»);

### **6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная литература:**

1. Численные методы : Учеб. пособие / Н.Н. Калиткин. - 2-е изд., испр. - СПб. : БХВ-Петербург, 2015. - 587 с. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/944508> (дата обращения: 01.09.2019). - ISBN 978-5-9775-2575-6.
2. Вычислительная математика : Учеб. пособие / В.Б. Яковлев; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - 2-е изд., испр. - М. : МИЭТ, 2017. - 132 с. - Имеется электронная версия издания. - ISBN 978-5-7256-0859-5.
3. Уравнения математической физики. Практикум по решению задач : учебное пособие для вузов / В. М. Емельянов, Е. А. Рыбакина. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2021. - 216 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/156410> (дата обращения: 22.03.2020). - ISBN 978-5-8114-7173-7.

#### **Дополнительная литература:**

4. Теория разностных схем : Учеб. пособие для вузов / А.А. Самарский. - 3-е изд., испр. - М. : Наука, 1989. - 616 с.

#### **Периодические издания**

*Не предусмотрены*

### **7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Лань: электронно-библиотечная система. – Санкт-Петербург, 2011. – URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 30.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.
2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.02.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Math-Net.Ru: – общероссийский математический портал: сайт. – Москва, Математический институт им. В. А. Стеклова РАН, 2020. – URL: <http://www.mathnet.ru/> (дата обращения: 06.04.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

### **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Дисциплина реализуется путем проведения потоковых лекционных занятий в аудиториях вуза по расписанию и внеаудиторной самостоятельной работы.

В обучении используются внутренние электронные ресурсы (видео-лекции, текстовые материалы лекций и практических занятий, указания к выполнению индивидуальных заданий) электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС

<http://orioks.miet.ru>. Основное назначение этих ресурсов – оказание помощи студентам при самостоятельной работе, а также в самостоятельном освоении отдельных тем дисциплины при пропуске занятий. Они могут также использоваться для более углубленного изучения дисциплины и при подготовке к сдаче промежуточной аттестации, при назначении индивидуальных учебных планов студенту.

Информационно-коммуникативные технологии с использованием сети Интернет применяются для консультирования студентов, приема выполненных индивидуальных заданий. Применение данных технологий позволяет осуществлять при необходимости более оперативное взаимодействие преподавателя и студента.

При необходимости дисциплина частично или полностью может реализовываться с применением дистанционных технологий.

## 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, Доска	Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC
Учебная аудитория	Доска	Не требуется
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. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

Фонд оценочных средств по подкомпетенции ПК-5.МММ «Способен использовать методы математической физики для моделирования физических явлений и процессов в полупроводниковых структурах» представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины в электронной информационной образовательной среде ОРИ-ОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина изучается в первом семестре. В первой половине семестра читаются лекции (2 лекции в неделю). Во второй половине семестра предусмотрены еженедельные консультации. В начале семестра студентам предоставляются следующие учебно-методические материалы:

1) план лекций на семестр с указанием тем лекций, со ссылками на параграфы или страницы учебников и учебных пособий, содержащих соответствующий материал, темы для первой части индивидуального задания.

2) список рекомендуемой литературы на семестр;

3) рекомендуемые электронные ресурсы на семестр;

3) график и виды контрольных мероприятий в семестре.

Данные материалы размещаются на сайте МИЭТ в ОРИОКС: <http://orioks.miet.ru/>.

График консультаций сообщается лектором и преподавателем.

Посещение лекций является обязательным. Посещение консультаций необязательное, за исключением тех случаев, когда преподаватель персонально приглашает студента на консультацию.

Рекомендуется также использовать ресурсы ОРИОКС (адрес на сайте МИЭТ: <http://orioks.miet.ru/>) по дисциплине, в которых более подробно разбираются методы решения типовых задач, а также некоторые вопросы теории. Ресурсы предназначены:

- оказать помощь по освоению отдельных тем курса студентам, пропустившим соответствующие занятия;

- предоставить консультацию по методам решения задач, по теоретическим понятиям за счет рассмотрения многочисленных примеров решения задач, иллюстрирующих примеры к теоретическим понятиям.

Индивидуальное задание состоит из двух частей. Первая часть носит реферативный характер. Студент должен изложить, осуществив самостоятельно поиск, теоретические основы решения определенного класса уравнений в частных производных и показать на примере применение рассмотренной теории к конкретным уравнениям. Во второй части индивидуального задания необходимо решить численным методом с использованием программного математического обеспечения заданную краевую задачу.

Итоговая контрольная работа направлена на проверку знаний по дисциплине, проводится по отдельному расписанию и может проводиться в режиме он-лайн тестирования.

Все содержание дисциплины разбито на 2 модуля.

Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

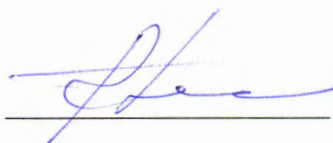
Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (максимальная сумма 80 баллов), посещаемость занятий (10 баллов), итоговая контрольная работа (10 баллов).

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по дисциплине за семестр

Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС <http://orioks.miet.ru/>.

**Разработчик:**

Профессор кафедры ВМ-2, д.ф.-м.н., профессор



(В.Б.Яковлев)



Рабочая программа дисциплины «**Методы математического моделирования**» по направлению подготовки **11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»**, направленности (профилю) «Проектирование и технология устройств интегральной нанoeлектроники» разработана на кафедре ВМ-2, и утверждена на заседании кафедры «30» сентября 2020 года, протокол № 2.

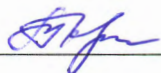
Заведующий кафедрой ВМ-2

  
/С.Г. Кальней/

### Лист согласования

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой ИЭМС

Заведующий кафедрой ИЭМС

  
/Ю.А. Чаплыгин/

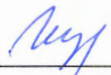
Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК

  
/И.М. Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки

  
/Т.П. Филиппова/