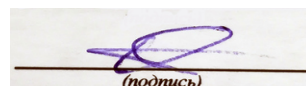


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ  
Декан физического факультета



(подпись)

И.С.Огнев

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Актуальные вопросы микро- и нанoeлектроники»**

Направление подготовки  
«11.03.04 Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль)  
«Интегральная электроника и нанoeлектроника»

Форма обучения  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от «17» апреля 2023 года, протокол № 5

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Актуальные вопросы микро- и нанoeлектроники» является стимулировать интерес студентов к обучению на специальности «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника» и познакомит их с современными направлениями развития и применении микро и нано электронных устройств и приборов.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Актуальные вопросы микро- и нанoeлектроники» относится к части общеобразовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Полученные в курсе «Актуальные вопросы микро- и нанoeлектроники» знания являются важной составляющей общей культуры выпускника. Эти знания необходимы как при проведении эффективных теоретических исследований в различных областях естествознания.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

| Формируемая компетенция<br>(код и формулировка)                                                                                                                                                                                                                | Индикатор достижения компетенции<br>(код и формулировка)                                                                                                    | Перечень планируемых результатов обучения                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Профессиональные компетенции</b>                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 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. | ИД_ПК-2.1. Знает методы и методики проведения исследований параметров и характеристик электронных приборов и схем.                                          | <b>Знать:</b> основополагающие методы и методики проведения исследований параметров и характеристик электронных приборов и схем.<br><b>Владеть:</b> методикой проведения исследований параметров и характеристик электронных приборов и схем.                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | ИД_ПК-2.2. Демонстрирует навыки экспериментального определения характеристик устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. | <b>Знать:</b> основы характеристик устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.<br><b>Владеть:</b> навыками экспериментального определения характеристик устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. |
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с тех-                                                                                                            | ИД_ПК-3.1. Знает принципы работы и физические характеристики электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.                  | <b>Знать:</b> основополагающие принципы работы и физические характеристики электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения.                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                | ИД_ПК-3.2. Демонстрирует умение проводить                                                                                                                   | <b>Уметь:</b> проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов                                                                                                                                                                                              |

|                                                                          |                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования. | оценочные расчеты характеристик электронных приборов.                                                                      | на основании общих характеристик данных устройств.                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                          | ИД_ПК-3.3. Применяет принципы конструирования и проектирования электронных приборов в соответствии с техническим заданием. | <b>Уметь:</b> применять принципы конструирования и проектирования электронных приборов в соответствии с техническим заданием.<br><b>Знать:</b> основные принципы работы электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения. |

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетная единица, 36 акад. часа.

##### VI-ой семестр

##### СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

| №<br>п/п | Темы (разделы)<br>дисциплины,<br>их содержание | Семестр | Виды учебных занятий,<br>включая самостоятельную ра-<br>боту студентов,<br>и их трудоемкость<br>(в академических часах) |              |              |              |                             |                           | Формы текущего кон-<br>троля успеваемости | Форма промежуточной<br>аттестации<br>(по семестрам) |
|----------|------------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|          |                                                |         | Контактная работа                                                                                                       |              |              |              |                             |                           |                                           |                                                     |
|          |                                                |         | лекции                                                                                                                  | практические | лабораторные | консультации | аттестационные<br>испытания | самостоятельная<br>работа |                                           |                                                     |
| 1        | МРТ – технология бу-<br>дущего                 | 6       | 2                                                                                                                       |              |              | 5            | 0                           | 10,8                      | Фронтальный опрос                         |                                                     |
| 2        | Полупроводники и<br>нанофизика.                | 6       | 2                                                                                                                       |              |              | 5            | 1,5                         | 10,9                      | Фронтальный опрос                         |                                                     |
| 3        |                                                |         |                                                                                                                         |              |              |              | 0,3                         |                           | зачет                                     |                                                     |
|          | Всего за 1 семестр                             |         | 4                                                                                                                       |              |              | 10           | 0,3                         | 21,7                      | 36                                        |                                                     |

#### 1. МРТ – технология будущего.

Изобретение МРТ. Магнитный момент и ядерный резонанс. Принцип протонной ЯМР-спектроскопии. Специальный метод ядерного резонанса: FID. От ЯМР к МРТ. Спиновое эхо. Снимки МРТ.

#### 2. Полупроводники и нанофизика.

Миниатюризация технологий. От триода до транзистора. Управление электронами в полупроводниках. Р-п переход. Солнечные батареи. Квантовый компьютер. Электроны в наномире. Квантовый эффект Холла.

#### 5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Фронтальный опрос** – часть занятия, посвященное проверке освоения умений и навыков, полученных на лекции знаний.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

#### **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература**

1. Осипов, Ю. В. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур : диффузия / Ю. В. Осипов, М. Б. Славин - Москва : МИСиС, 2011. - 73 с. - ISBN 978-5-87623-420-9. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876234209.html>
2. Ибрагимов, И. М. Основы компьютерного моделирования наносистем : учебное пособие / И. М. Ибрагимов, А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1032-3. <https://e.lanbook.com/book/156>
3. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учеб.пособие для вузов / под ред. А. С. Рудого, А. В. Проказникова; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2009. - 260 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20090709.pdf>
1. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Романовский М.Н.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 123 с.
4. <http://www.iprbookshop.ru/13933.html>

##### **б) дополнительная литература**

5. Битнер Л.Р. Вакуумная и плазменная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Битнер Л.Р.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007.— 148 с. <http://www.iprbookshop.ru/13920.html>
6. Осипов, Ю. В. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур : диффузия / Ю. В. Осипов, М. Б. Славин - Москва : МИСиС, 2011. - 73 с. - ISBN 978-5-87623-420-9 <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876234209.html>
7. Битнер Л.Р. Вакуумная и плазменная электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Битнер Л.Р.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007.— 148 с. <http://www.iprbookshop.ru/13920.html>

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров)— списочному составу группы обучающихся.

Автор(ы) :

Профессор кафедры микроэлектроники и  
общей физики, доктор ф.-м.н.

\_\_\_\_\_  
(подпись) Д.Ф. Белоножко

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Актуальные вопросы микро- и наноэлектроники»  
Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

**Вопросы к зачету «Актуальные вопросы микро- и наноэлектроники»**  
**Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**  
*(проверка сформированности ПК-2, ПК-3 индикатор ИД\_ПК\_2.1, ИД\_ПК\_2.2;  
ИД\_ПК\_3.1, ИД\_ПК\_3.2, ИД\_ПК\_1.3)*

**Список вопросов к зачету**

1. Изобретение МРТ.
2. Магнитный момент и ядерный резонанс.
3. Принцип протонной ЯМР-спектроскопии.
4. Специальный метод ядерного резонанса: FID.
5. От ЯМР к МРТ. Спиновое эхо. Снимки МРТ.
6. Миниатюризация технологий. От триода до транзистора.
7. Управление электронами в полупроводниках.
8. Р-п переход. Солнечные батареи. Квантовый компьютер.
9. Электроны в наномире. Квантовый эффект Холла.

**Правила выставления оценки**

Зачет ставится при посещении всех лекций и активной работе студента в процессе фронтального опроса. В противном случае студенту предлагается пройти зачет в устной форме. На зачете в устной форме дается 1 теоретический вопрос. На подготовку к ответу отводится не менее 20 мин.

**Оценка «Зачтено»** выставляется студенту, который воспроизводит основные положения курса «Актуальные вопросы микро- и наноэлектроники», знает главные концепции научного метода и область их применимости, посещал лекции с правильными ответами на вопросы фронтального опроса или выше ответил на вопрос устного зачета правильно на 70%.

**Оценка «Не зачтено»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения. Оценка «Незачтено» выставляется также студенту, который отказался отвечать.

## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины**

**«Актуальные вопросы микро- и наноэлектроники»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине **«Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины**

**«Актуальные вопросы микро- и наноэлектроники»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Актуальные вопросы микро- и наноэлектроники» являются лекции и самостоятельная работа.

Для успешного освоения дисциплины очень важно самостоятельное осмысление и проработка лекционного материала. Курс подразумевает наличие у слушателей серьезного багажа знаний по математике и физике. Важным элементом курса является умение аудиторно и письменно изложить собственную точку зрения или интерпретацию услышанного (прочтенного). Поэтому слушателям необходимо обратить внимание на умение грамотно излагать результаты своей работы устно и письменно.

Для проверки и контроля усвоения приобретенных практических навыков в течение семестра проводится фронтальный опрос во время лекций. В конце курса запланирован зачет.