

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:40:15  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f6bea88268d862

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  
«2» сентября 2020 г.  
М.П.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Физические основы нанoeлектроники и наносистем»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Направленность (профиль) – «Технологии материалов и наноструктур»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-3** «Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов» сформулирована на основе профессионального стандарта **26.006** «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

**Обобщенная трудовая функция - А [6]** Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов

**Трудовые функции - А/01.6** Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами, **А/02.6** Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
<b>ПК-3.ФОНэНс</b> Способен оценивать влияние различных физических аспектов микро- и наноструктуры на свойства материалов	<i>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности:</i> - Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов	<b>Знание</b> основных классов современных наноматериалов и наноструктур, их свойства и области применения <b>Умение</b> выбирать материалы для заданных условий эксплуатации для решения задач профессиональной деятельности <b>Опыт</b> прогнозирования свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах

## 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: изучению модуля предшествует формирование компетенций в дисциплине «Физика конденсированного состояния». Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются изучением модуля «Физико- химия наноструктурированных материалов» и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

### 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	-	-	32	40	ЗаО

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Размерные явления в наноструктурах.	-	-	10	12	Контрольная работа 1
2. Гетероструктуры	-	-	10	12	Контрольная работа 2
3. Устройства наноэлектроники	-	-	12	16	Контрольная работа 3 Защита индивидуального задания

#### 4.1. Лекционные занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
	1	2	Предмет, цель и задачи курса. Основные термины. Нанотехнология. Наноэлектроника. Исторические научные открытия. Элементы наноразмерных структур.

1	2	2	Основные квантовые числа. Фундаментальные размерные явления в наноразмерных структурах. Свободная поверхность и межфазные границы. Гетероструктуры.
	3	2	Квантовая яма. Квантово-размерный эффект. Баллистический транспорт носителей заряда. Туннелирование носителей заряда. Спиновые эффекты.
	4	2	Размерные явления и их влияние на свойства материалов: температурные, магнитные, механические, оптические, химические свойства.
	5	2	Контрольная работа №1
2	6	2	ВАХ наноразмерных структур. Квантовые ямы в гетероструктурах. Фотоника и нанофотоника. Полупроводниковый лазер. Квантовые каскадные лазеры.
	7	2	Фотоэлектрический эффект. Полупроводниковые фотоприемники. Фотоприемные устройства с квантовыми ямами. <i>Решение задач по теме «Фотоприемные гетероструктуры»</i>
	8	2	Одномерные, двумерные, трехмерные фотонные кристаллы. Фотонная запрещенная зона. Устройства на основе фотонных наноструктур.
	9	2	Квант электрического сопротивления. <i>Решение задач по теме «Квантовые точки»</i>
	10	2	Контрольная работа №2
3	11	2	Викторина «Физические основы наноэлектроники» (интерактивное занятие)
	12	2	<i>Решение задач по теме «Туннельный эффект»</i>
	13	2	Основные понятия магнетизма. Коэрцитивная сила. Эффект Джоуля. Эффект Виллари. Наномагнитные материалы.
	14	2	Наномагнетизм. Гигантское магнитосопротивление. Спиновый вентиль. Эффект Кондо.
	15	2	<i>Решение задач по теме «Гигантское магнитосопротивление»</i>
	16	2	Контрольная работа №3

#### 4.3. Лабораторные работы

*Не предусмотрены*

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-3	16	Подготовка к практическим занятиям: изучение учебной литературы, работа с электронными ресурсами Интернет
	6	Подготовка к контрольным работам 1-3

	6	Выполнение домашних заданий по темам семинаров
	8	Выполнение индивидуального задания (анализ современной публикации по заданному плану и представление отчета в виде электронной презентации и аннотации в печатной или письменной форме).
	4	Подготовка к зачету

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

*Не предусмотрены*

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

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

#### Модули 1-3

- ✓ *Методические указания для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине: «Физические основы нанoeлектроники и наносистем»*
- ✓ *Методические указания студенту по выполнению индивидуального задания на СРС*
- ✓ *Презентации Семинаров*
- ✓ *Примеры выполнения Индивидуального задания*

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Нанoeлектроника : теория и практика : Учебник / В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина, А.Л. Данилюк. - 4-е изд., электронное. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 369 с. - (Учебник для высшей школы). - URL: <https://e.lanbook.com/book/84103> (дата обращения: 15.12.2020). - ISBN 978-5-9963-2943-4
2. Щука А.А. Нанoeлектроника : Учеб. пособие / А. А. Щука ; Под ред. А.С. Сигова. - 2-е изд. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 344 с. – (Нанотехнологии). – URL: <https://e.lanbook.com/book/84102> (дата обращения: 16.11.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Шишкин Г.Г. Нанoeлектроника. Элементы. Приборы. Устройства : Учеб. пособие / Г.Г. Шишкин, И.М. Агеев. - 4-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. - 411 с. - (Нанотехнологии). - URL: <https://e.lanbook.com/book/152031> (дата обращения: 16.11.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Барыбин А.А. Электроника и микрoeлектроника. Физико-технологические основы. – М.: Физматлит, 2006. - 424 с. - ISBN 5-9221-0679-1

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

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Российская государственная библиотека:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
3. **Академия Google : научная поисковая система:** сайт. – URL: <http://scholar.google.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
4. **SCOPUS: библиографическая и реферативная база данных научной периодики:** сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение (реализовывается с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий).

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

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: электронная почта, ПО Zoom.

## 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 № 4136 «Лаборатория микроскопии»	Проектор Epson EB-G5600, мультимедийный комплекс, компьютеры, принтеры, интернет	ОС Microsoft Windows MS Office браузер, MS Visio
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Операционная система Microsoft Windows Microsoft Office браузер Acrobat reader DC

## **10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ**

ФОС по подкомпетенции ПК-3.ФОНЭНс «Способен оценивать влияние различных физических аспектов микро- и наноструктуры на свойства материалов».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещена 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**

Все содержание дисциплины разбито на 3 модуля. Каждый модуль является логически завершенной частью курса. Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий.

Контрольные работы проводятся на семинарских работах и включают в себя проверку знаний и умений по темам Модулей в форме:

КР 1 – тестовых вопросов, КР 2 – расчетных заданий, КР 3 – контрольных вопросов

Выполнение домашнего индивидуального задания включает в себя: проведение анализа современной публикации по заданному плану и представление отчета в виде электронной презентации и аннотации в печатной или письменной форме. Выполнение данного задания направлено на достижение индикатора опыта деятельности – опыта прогнозирования свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах, а также на формировании практических навыков, необходимых при подготовке к оформлению и защите выпускной квалификационной работы.

Контроль выполнения студентами индивидуальных заданий проводится на 17-18 неделях. Студенты выступают с докладом и электронной презентацией, излагая содержание написанной аннотации, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ и электронной почты.

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

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительно-балльная система. Баллами оценивается выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 63 балла), активность и посещаемость занятий в семестре (в сумме 24 балла) и ответ на зачете (максимально 13 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

Для итоговой аттестации студент должен предоставить портфолио, включающее: конспект обязательной литературы, материалы выполненного в рамках самостоятельной работы домашнего задания, результаты индивидуального задания.

Баллы, отводимые на зачет, могут быть добавлены как премиальные, если студент в установленный срок выполнил все задания в рамках контрольных мероприятий и набрал минимально необходимое количество баллов.

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

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

**РАЗРАБОТЧИК:**

Старший преподаватель Института ПМТ, к.т.н.  /С.В. Дубков/

Рабочая программа дисциплины «Физические основы нанoeлектроники и наносистем» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», направленности (профилю) «Технологии материалов и наноструктур» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института 30 сентября 2020 года, протокол № 39

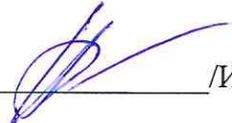
Зам. директора Института  
к.т.н., доцент

  
/А.В. Железнякова/

### 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. Филишова /