

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**НАНОЭЛЕКТРОНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.10</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>7 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Лабораторная работа</b> <b>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>7 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мирошникова И.Н.
	Идентификатор	Rd1db27a5-MiroshnikovaIN-70caf8f

И.Н.  
Мирошникова

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

Д.С. Холодный

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З. Славинский

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение научной основы для осознанного и целенаправленного использования полученных знаний при создании элементов, приборов и устройств микроэлектроники и нанoeлектроники

### Задачи дисциплины

- расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения законов физики низкоразмерных полупроводниковых структур для последующего использования их при создании приборов нанoeлектроники, твердотельной электроники и в технологии микро- и нанoeлектроники.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектировании полупроводниковых приборов	ИД-1ПК-1 Демонстрирует знание принципов работы, физических и математических моделей основных полупроводниковых приборов	знать: - физические основы работы приборов нанoeлектроники; - современные тенденции развития нанoeлектроники; - эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик наноструктур различного функционального назначения.  уметь: - аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик структур электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнология в электронике (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Основы квантовой физики
- уметь Решать дифференциальные уравнения второго порядка

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основные понятия нанoeлектроники	8	7	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [1] С. 11-61 или [2] С. 13-28; 109-120; 177-188; [5] С. 27-35 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 46, 47, 50 [7], 7-29, 110-112, 178-189	
1.1	Введение	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
2	Подглядываем и создаем	19		4	8	-	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Повторение материала по методам определения элементного состава: Оже-электронной спектроскопии, рентгеновской и ультрафиолетовой фотоэлектронной спектроскопии <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: 1] С. 64-179; или [2] С. 29-47; 59- 65; 69- 74; 83-88; [3] С. 7-110; [5] С. 59 <b><u>Проведение исследований:</u></b> Освоение работы на сканирующем туннельном и атомно-силовом микроскопе <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 15-30 [3], 13-15, 59-67, 81-89, 92-94, 101-110 [4], 58-68 [7], 70-89
2.1	Хронология развития микроскопии	5		2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
2.2	Методы исследования наноструктур	14		2	8	-	-	-	-	-	-	-	4	-	
3	Нанотехнологии	20		2	8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
3.1	Методы получения	20	2	8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение лекционного материала	

	наноструктур												<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [2] С. 29-48; 88-96; [5] С. 59-67 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 51, 58, 68-122 [7], 30-70, 89-96, 106-109
4	Молекулярная элементная база нанoeлектроники	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [6] С. 8-19 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
4.1	Квантово-механический взгляд на строение молекул	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 122-128 [7], 125-128, 154-164, 200-206, 270-285, 285-295
5	Физика наноструктур	10.0	8	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b>
5.1	Квантовая механика – основа физики наноразмерных структур	2.5	2	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	Повторение материала по основным свойствам полупроводников, гетероструктурам, двумерным, одномерным и нульмерным структурам.
5.2	Основные свойства полупроводников	2.5	2	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [2] С. 120-144.
5.3	Гетероструктура	2.5	2	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>
5.4	Углерод – уникальный химический элемент	2.5	2	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	[4], 9-11, 2--25, 13-14, 31-33, 38-46 [7], 112-120-144
6	Динамика электронов в электромагнитном поле	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Повторение лекционного материала по эффекту Холла
6.1	Эффект Холла	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [1] С. 198-210; [5] С. 36-37 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 24-68 [4], 139-145 [5], 164 - 167 [6], 164-167
7	Применение квантово-размерных	13	4	-	-	-	-	-	-	-	9	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Повторение материала по применению

	структур в приборах микро- и наноэлектроники												квантово-размерных структур в приборах оптоэлектроники, по приборам на основе баллистического транспорта
7.1	Оптические свойства квантоворазмерных структур	7	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [1] С. 216-267, 278-318 или [2] С. 148-152; 184, 188-198; 209-233; 243-248; [5] С. 40-58; 68-76
7.2	Баллистическая проводимость	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 15-20, 47, 48, 149-178, 178-189
7.3	Резонансное туннелирование	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	[7], 190-196, 210-213, 214-226, 316-320
7.4	Униполярные транзисторы на «горячих» электронах	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
8	Молекулярная электроника	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Повторение материала по приборам на основе сплошных пленок графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок и органических материалов
8.1	Строение молекул органических материалов	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [2] С. 198-205 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [7], 125-128, 200-206, 270-285, 285-295
9	Основы спинтроники	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Повторение материала по разделу по спиновым эффектам, гигантскому магнитосопротивлению, спин-контролируемому туннелированию и магнитной оперативной памяти MRAM
9.1	Основы спинтроники.	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Изучение литературы: [2] С. 205-209; 233-240; 243-270; [5] С. 76-78 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 25-28, 189-211, 216-223 [7], 150-153, 206-210, 233-240, 241-249
10	Квантовые компьютеры	4.5	1.5	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Повторение материала по понятию квантового бита, времени декогерензации,
10.1	Квантовые	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	



## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Основные понятия нанoeлектроники

#### 1.1. Введение

Этапы большого пути. Основные пути развития кремниевой элементной базы. Развитие электроники. Проблемы масштабирования. Современные тенденции кремниевой технологии..

### 2. Подглядываем и создаем

#### 2.1. Хронология развития микроскопии

Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля..

#### 2.2. Методы исследования наноструктур

Оже-электронная спектроскопия. Рентгеновская и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия.

### 3. Нанотехнологии

#### 3.1. Методы получения наноструктур

Молекулярно-лучевая эпитаксия. Газофазная эпитаксия из металлоорганических соединений. Нанотехнологии. Самоорганизация квантовых точек и нитей. Фуллерены, нанотрубки и графен. Основы литографических процессов. Фоторезисты. Электронная литография. Эффекты близости..

### 4. Молекулярная элементная база нанoeлектроники

#### 4.1. Квантово-механический взгляд на строение молекул

Атомные орбитали. Молекулярные орбитали. Молекулярная элементная база нанoeлектроники.

### 5. Физика наноструктур

#### 5.1. Квантовая механика – основа физики наноразмерных структур

Прямоугольная квантовая яма. Прямоугольная квантовая яма конечной глубины. Туннельные эффекты. Квантовый осциллятор..

#### 5.2. Основные свойства полупроводников

Соединения АШВV. Зонная структура полупроводников. Зоны Бриллюэна. Энергетический спектр квантово-размерных структур. Энергетическая диаграмма в  $k(p)$  пространстве. Объем первой зоны Бриллюэна. Понятие эффективной массы. Твердые растворы на основе соединений АШВV..

#### 5.3. Гетероструктура

Гетеропереходы. Плотность квантовых состояний. Трехмерный случай. Двумерный случай. Одномерный случай. Типы низкоразмерных систем. Инверсионные слои в кремниевых структурах. Квантовые нити. Квантовые точки. Сверхрешетки..



5.4. Углерод – уникальный химический элемент  
Графит – графен – графат. Фуллерены, нанотрубки и графен..

### 6. Динамика электронов в электромагнитном поле

#### 6.1. Эффект Холла

Классический эффект Холла. Целочисленный квантовый эффект Холла. Динамика двумерных электронов в сильном магнитном поле. Эффекты локализации и их роль в квантовом эффекте Холла. Дробный квантовый эффект Холла..

### 7. Применение квантово-размерных структур в приборах микро- и нанoeлектроники

#### 7.1. Оптические свойства квантоворазмерных структур

Лазеры с квантовыми ямами и точками. Квантовый каскадный лазер. Фоторезисторы на квантовых ямах. Лавинные фотодиоды. Фоточувствительные пири-структуры.

#### 7.2. Баллистическая проводимость

Приборы на основе баллистического транспорта. Кулоновская блокада. Одноэлектронный транзистор..

#### 7.3. Резонансное туннелирование

Резонансно-туннельные диоды и транзисторы. Полевой транзистор с резонансным туннелированием.

#### 7.4. Униполярные транзисторы на «горячих» электронах

Транзисторы на горячих электронах (НЕМТ-транзисторы)..

### 8. Молекулярная электроника

#### 8.1. Строение молекул органических материалов

Перенос заряда в органических полупроводниках. Графен. Структура энергетических зон графена. Полевые транзисторы на основе сплошных пленок графена. Дефекты в графене. Графан. Фуллерены. Применение фуллеренов. Углеродные нанотрубки. Хиральность. Технологии изготовления УНТ. Механические и "контейнерные" свойства УНТ. Полевые транзисторы на основе УНТ. Аналоги КМДП транзисторов на основе УНТ. Устройства памяти на основе УНТ. Нанoeлектромеханические устройства на основе УНТ.. Органические светодиоды (OLED)..

### 9. Основы спинтроники

#### 9.1. Основы спинтроники.

Спин. Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Спин-контролируемое туннелирование. Магнитная оперативная память MRAM..

### 10. Квантовые компьютеры

#### 10.1. Квантовые компьютеры

Понятие квантового бита. Время декогеренизации. Возможные конструкции квантового бита.

10.2. Эффект Джозефсона  
Эффект Джозефсона.

10.3. Современные квантовые компьютеры  
Современные квантовые компьютеры.

### **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Изготовление зондов для сканирующих зондовых микроскопов;
2. Изучение принципа работы сканирующего туннельного микроскопа;
3. Изучение принципа работы сканирующего атомно-силового микроскопа.

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Пояснения наиболее сложных тем.
2. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
3. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
4. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
5. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
6. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
7. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
8. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.

#### Текущий контроль (ТК)

1. Подготовка к лабораторным работам, контрольной работе
2. Консультации по лабораторным работам
3. Подготовка к контрольной работе, пояснения наиболее сложных тем.
4. Пояснение типовых ошибок

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)										Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>Знать:</b>													
эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик наноструктур различного функционального назначения	ИД-1ПК-1		+										Лабораторная работа/Атомно-силовой микроскоп Лабораторная работа/Заточка зондов для сканирующих зондовых микроскопов Лабораторная работа/Сканирующий туннельный микроскоп
современные тенденции развития нанoeлектроники	ИД-1ПК-1	+											Контрольная работа/Основные понятия нанoeлектроники
физические основы работы приборов нанoeлектроники	ИД-1ПК-1			+	+	+	+	+	+	+	+	+	Тестирование/Итоговое тестирование
<b>Уметь:</b>													
аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик структур электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ИД-1ПК-1		+										Лабораторная работа/Атомно-силовой микроскоп Лабораторная работа/Заточка зондов для сканирующих зондовых микроскопов Лабораторная работа/Сканирующий туннельный микроскоп

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**7 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Итоговое тестирование (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные понятия наноэлектроники (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Атомно-силовой микроскоп (Лабораторная работа)
2. Заточка зондов для сканирующих зондовых микроскопов (Лабораторная работа)
3. Сканирующий туннельный микроскоп (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой наноэлектроники : учебное пособие / Г. И. Зебрев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 . – 240 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0181-2 .;
2. Квантовый эффект Холла : пер. с англ. / М. Кейдж, [и др.] ; ред. Р. Прендж, С. Гирвин . – М. : Мир, 1989 . – 404 с.;
3. Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии : учебное пособие для старших курсов вузов / В. Л. Миронов, Ин-т физики микроструктур Рос. акад. наук . – М. : Техносфера, 2004 . – 144 с. – (Мир физики и техники) . - ISBN 5-948360-34-2 .;
4. Наноэлектроника: теория и практика : учебное пособие для вузов по специальностям "Микро- и наноэлектронные технологии и системы" и "Квантовые информационные системы" / В. Е. Борисенко, [и др.] . – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 . – 366 с. – (Учебник для высшей школы) . - ISBN 978-5-9963-1015-9 .;
5. Шалимова К. В.- "Физика полупроводников", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2010 - (384 с.)  
[https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=648;](https://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=648)
6. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова . – 4-е изд., стер . – М. : Лань-Пресс, 2010 . – 400 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-0922-8 .;

7. Щука, А. А. Нанoeлектроника : учебник для бакалавриата и магистратуры вузов по инженерно-техническим направлениям / А. А. Щука ; общ. ред. А. С. Сигов . – М. : Юрайт, 2017 . – 297 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-8280-0 ..

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Gwyddion.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для самостоятельной работы	Е-310, Дисплейный класс каф. "ФТЭМК"	стол преподавателя, стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук, компьютер персональный, учебно-наглядное пособие

Помещения для консультирования	Е-306, Лаборатория квантовой электроники	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, экран, оборудование специализированное, учебно-наглядное пособие
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-302/1, Склад "ФТЭМК"	стол

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Наноэлектроника

(название дисциплины)

## 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные понятия наноэлектроники (Контрольная работа)  
 КМ-2 Сканирующий туннельный микроскоп (Лабораторная работа)  
 КМ-3 Атомно-силовой микроскоп (Лабораторная работа)  
 КМ-4 Заточка зондов для сканирующих зондовых микроскопов (Лабораторная работа)  
 КМ-5 Итоговое тестирование (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Основные понятия наноэлектроники						
1.1	Введение		+				
2	Подглядываем и создаем						
2.1	Хронология развития микроскопии			+	+	+	
2.2	Методы исследования наноструктур			+	+	+	
3	Нанотехнологии						
3.1	Методы получения наноструктур						+
4	Молекулярная элементная база наноэлектроники						
4.1	Квантово-механический взгляд на строение молекул						+
5	Физика наноструктур						
5.1	Квантовая механика – основа физики наноразмерных структур						+
5.2	Основные свойства полупроводников						+
5.3	Гетероструктура						+
5.4	Углерод – уникальный химический элемент						+

6	Динамика электронов в электромагнитном поле					
6.1	Эффект Холла					+
7	Применение квантово-размерных структур в приборах микро- и наноэлектроники					
7.1	Оптические свойства квантоворазмерных структур					+
7.2	Баллистическая проводимость					+
7.3	Резонансное туннелирование					+
7.4	Униполярные транзисторы на «горячих» электронах					+
8	Молекулярная электроника					
8.1	Строение молекул органических материалов					+
9	Основы спинтроники					
9.1	Основы спинтроники.					+
10	Квантовые компьютеры					
10.1	Квантовые компьютеры					+
10.2	Эффект Джозефсона					+
10.3	Современные квантовые компьютеры					+
Вес КМ, %:		5	15	15	15	50