

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: Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
НАНОЭЛЕКТРОНИКА


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.09
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	7 семестр - 16 часов;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	7 семестр - 0,3 часа;

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)


И.Н.
Мирошникова

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баринов А.Д.
	Идентификатор	Ra98e1318-BarinovAD-f138ec4f


(подпись)

А.Д. Баринов

(расшифровка подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

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

(подпись)

И.Н.
Мирошникова

(расшифровка подписи)

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 Микроэлектроника и твердотельная электроника (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	16	7	4	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [1] С. 11-61 или [2] С. 13-28; 109-120; 177-188; [5] С. 27-35 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 46, 47, 50 [2], 7-29, 110-112, 178-189	
1.1	Введение	16		4	-	-	-	-	-	-	-	12	-		
2	Подглядываем и создаем	27		4	8	-	-	-	-	-	-	-	15	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Повторение материала по методам определения элементного состава: Оже-электронной спектроскопии, рентгеновской и ультрафиолетовой фотоэлектронной спектроскопии <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: 1] С. 64-179; или [2] С. 29-47; 59- 65; 69- 74; 83-88; [3] С. 7-110; [5] С. 59 <u>Проведение исследований:</u> Освоение работы на сканирующем туннельном и атомно-силовом микроскопе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 58-68 [2], 70-89 [3], 13-15, 59-67, 81-89, 92-94, 101-110 [4], стр. 15-30
2.1	Хронология развития микроскопии	5		2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	
2.2	Методы исследования наноструктур	22		2	8	-	-	-	-	-	-	-	12	-	
3	Нанотехнологии	20		2	8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
3.1	Методы получения	20	2	8	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение лекционного материала	

	наноструктур												<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [2] С. 29-48; 88-96; [5] С. 59-67 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 51, 58, 68-122 [2], 30-70, 89-96, 106-109
4	Молекулярная элементная база нанoeлектроники	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [6] С. 8-19 <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Квантово-механический взгляд на строение молекул	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 122-128 [2], 125-128, 154-164, 200-206, 270-285, 285-295
5	Физика наноструктур	10.0	8	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u>
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	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [2] С. 120-144.
5.3	Гетероструктура	2.5	2	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u>
5.4	Углерод – уникальный химический элемент	2.5	2	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	[1], 9-11, 2--25, 13-14, 31-33, 38-46 [2], 112-120-144
6	Динамика электронов в электромагнитном поле	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Повторение лекционного материала по эффекту Холла
6.1	Эффект Холла	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [1] С. 198-210; [5] С. 36-37 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 139-145 [5], 164-167 [6], 24-68 [7], 164 - 167
7	Применение квантово-размерных	14.7	4	-	-	-	-	-	-	-	10.7	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> 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	8.7	1	-	-	-	-	-	-	-	7.7	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> 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	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 15-20, 47, 48, 149-178, 178-189 [2], 190-196, 210-213, 214-226, 316-320
7.3	Резонансное туннелирование	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
7.4	Униполярные транзисторы на «горячих» электронах	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
8	Молекулярная электроника	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Повторение материала по приборам на основе сплошных пленок графена, фуллеренов, углеродных нанотрубок и органических материалов
8.1	Строение молекул органических материалов	6	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [2] С. 198-205 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 125-128, 200-206, 270-285, 285-295
9	Основы спинтроники	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u>
9.1	Основы спинтроники.	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	Повторение материала по разделу по спиновым эффектам, гигантскому магнитосопротивлению, спин-контролируемому туннелированию и магнитной оперативной памяти MRAM <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [2] С. 205-209; 233-240; 243-270; [5] С. 76-78 <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 25-28, 189-211, 216-223 [2], 150-153, 206-210, 233-240, 241-249
10	Квантовые компьютеры	4.5	1.5	-	-	-	-	-	-	-	3	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Повторение материала по понятию квантового бита, времени декогерензации,
10.1	Квантовые	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	1	-	

	компьютеры														возможным конструкциям квантового бита, по эффекту Джозефсона и квантовым компьютерам
10.2	Эффект Джозефсона	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		<u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Изучение литературы: [2] С. 205-209; 233-240; 243-270; [5] С. 76-78
10.3	Современные квантовые компьютеры	1.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 250-268
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-		
	Всего за семестр	108.0	32.0	16	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-	-		
	Итого за семестр	108.0	32.0	16	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-	-		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

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 пи-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		
Знать:													
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
Уметь:													
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. Нанoeлектроника: теория и практика : учебное пособие для вузов по специальностям "Микро- и нанoeлектронные 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 .;
2. Шука, А. А. Нанoeлектроника : учебник для бакалавриата и магистратуры вузов по инженерно-техническим направлениям / А. А. Шука ; общ. ред. А. С. Сигов . – М. : Юрайт, 2017 . – 297 с. – (Бакалавр и магистр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-8280-0 .;
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. Зебрев, Г. И. Физические основы кремниевой нанoeлектроники : учебное пособие / Г. И. Зебрев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 . – 240 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0181-2 .;
5. 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 .;
6. Квантовый эффект Холла : пер. с англ. / М. Кейдж, [и др.] ; ред. Р. Прендж, С. Гирвин . – М. : Мир, 1989 . – 404 с.;

7. 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.

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
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	К-102а, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, ноутбук, кондиционер, телевизор
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
	Б-305, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	К-112, Центр зондовых и оптических исследований	стол, стол компьютерный, стул, стол письменный, оборудование для экспериментов, оборудование учебное, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	К-112, Центр зондовых и оптических исследований	стол, стол компьютерный, стул, стол письменный, оборудование для экспериментов, оборудование учебное, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер

	обслуживания учебной литературой	персональный
Помещения для консультирования	К-109/2, Кабинет сотрудников каф. "ЭиН"	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, дипломные и курсовые работы студентов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	К-115, Склад каф. "ЭиН"	стеллаж, инвентарь учебный

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