

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 20:53:29

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Функциональная наноэлектроника

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 93

Формы контроля в семестрах:
зачет с оценкой 7

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

ктн, доцент, Муратов Д.Г.; ктн, доцент, Якушко Е.В.

Рабочая программа

Функциональная наноэлектроника

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 02.04.2015 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин В.Г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Дать представление о многообразии и особенностях структур пониженной размерности, которые находят применение в области микро- и нанoeлектроники; показать тенденции развития технологических аспектов их создания и применения. Ознакомить с технологическими приемами создания и физическими принципами функционирования устройств с элементами пониженной размерности. Научить пониманию взаимосвязи структурно-геометрических факторов, физических принципов функционирования и технологических аспектов создания приборов микро- и нанoeлектроники.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.2	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.3	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.4	Технология материалов электронной техники	
2.1.5	Физика диэлектриков	
2.1.6	Физика конденсированного состояния	
2.1.7	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.8	Метрология, стандартизация и технические измерения в магнитоэлектронике	
2.1.9	Метрология, стандартизация и технические измерения в полупроводниковой электронике	
2.1.10	Статистическая физика	
2.1.11	Физические свойства кристаллов	
2.1.12	Электроника	
2.1.13	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.14	Методы математической физики	
2.1.15	Практическая кристаллография	
2.1.16	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.17	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.18	Физика	
2.1.19	Физическая химия	
2.1.20	Электротехника	
2.1.21	Математика	
2.1.22	Органическая химия	
2.1.23	Информатика	
2.1.24	Химия	
2.1.25	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Вакуумная и плазменная электроника	
2.2.2	Квантоворазмерные структуры в нанoeлектронике	
2.2.3	Магнитные измерения	
2.2.4	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.2.5	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.2.6	Нормы и правила оформления ВКР	
2.2.7	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.8	Основы радиационной стойкости изделий электронной техники	
2.2.9	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.2.13	Процессы вакуумной и плазменной электроники	
2.2.14	Светоизлучающие полупроводниковые приборы	
2.2.15	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.2.16	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом	

2.2.17	Элементы и устройства магнитоэлектроники
--------	--

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

УК-2: Способен собирать и интерпретировать данные и определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, умение обосновывать принятые решения

Знать:

УК-2-32 физические свойства систем с пониженной размерностью, методы их создания, особенности проявления квантовых эффектов в базовых элементах наноэлектроники

УК-2-31 основы метрологии и основные термины и понятия, основные, методы и средства измерения физических величин, системы стандартизации и сертификации

Уметь:

УК-2-У2 вести поиск необходимой информации в специальной и справочной литературе и на интернет – ресурсах

УК-2-У1 читать учебную, справочную и специальную литературу по данной дисциплине, понимать и правильно интерпретировать прочитанное

Владеть:

УК-2-В3 владеть навыками коммуникации в научной сфере деятельности

УК-2-В2 методами квантово-механического описания простейших квантовых систем, входящих в состав элементов электроники и наноэлектроники

УК-2-В1 методами решения дифференциальных и алгебраических уравнений, дифференциального интегрального исчисления, теории вероятностей и математической статистики

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Физические основы наноэлектроники							

1.1	<p>Физические основы наноэлектроники введение. Достижения и ограничения полупроводниковой микроэлектроники. Наноэлектроника – новое направление твердотельной электроники, составная часть нанотехнологии. Квантовое ограничение Структуры малой размерности: двумерные (квантовые ямы), одномерные (квантовые нити), нульмерные (квантовые точки). Квантовые эффекты в структурах малой размерности Поведение электронов в структурах с квантовыми ямами (КЯ). Энергетический спектр носителей в КЯ, плотность состояний, концентрация и подвижность электронов в двумерных системах. Влияние механических напряжений на энергетический спектр КЯ. Транспорт носителей в низкоразмерных системах. Термоэлектронная эмиссия носителей из КЯ. Туннельные эффекты.</p> <p>/Лек/</p>	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
1.2	Работа с конспектом лекций, учебным материалом. /Ср/	7	4	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
1.3	Свойства базовых соединений АПВV и структур на их основе. Эффекты размерного квантования в тонких пленках. /Пр/	7	3	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2		КМ1,КМ2,КМ4	Р1
1.4	Барьерные задачи в квантовой механике Модели прямоугольной, треугольной и параболической КЯ. /Ср/	7	8	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
	Раздел 2. Множественные квантовые ямы и сверхрешетки							

2.1	Множественные квантовые ямы. Модель Кронига-Пенни. Взаимодействие двух КЯ с тонким барьером. Классификация СР,. Композиционные СР, легированные СР. Электронные и оптические свойства СР. Оптическое поглощение и спонтанное рекомбинационное излучение в системах различной размерности (3D, 2D, 1D, 0D). Каналы излучательной и безизлучательной рекомбинации. /Лек/	7	8	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
2.2	Работа с конспектом лекций, учебным материалом. /Ср/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			Р7,Р8,Р9
2.3	Множественные КТ. Возникновение мини-зон, резонансное туннелирование в сверхрешетках (СР). Классификация сверхрешеток. /Пр/	7	4	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2		КМ1,КМ2,КМ4	Р2
2.4	Методы получения квантоворазмерных структур с множественными КТ. Современные конструкции приборов с КЯ и СР. Элементы самоорганизации при гетероэпитаксии. /Ср/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
2.5	Решение задач посвященных квантовым ямам и сверхрешеткам. /Ср/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
Раздел 3. Формирование полупроводниковых квантоворазмерных структур								
3.1	Формирование полупроводниковых квантоворазмерных структур. Реализация приборов с КЯ и СР. Приборы микро- и наноэлектроники на основе низкоразмерных структур полупроводников. /Лек/	7	8	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
3.2	Работа с конспектом лекций, учебным материалом. /Ср/	7	4	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
3.3	Роль структуры КЯ в конструировании гетеротранзисторов. Влияние размеров и легирования КЯ. /Пр/	7	3	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2		КМ1,КМ2	Р3

3.4	Решение расчетных задач посвященных квантоворазмерным структурам. /Ср/	7	9	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
Раздел 4. Углеродная нанотехнология								
4.1	Углеродная нанотехнология Соединения внедрения в графит. Структуры углерода: фуллерены, нанотрубки (УНТ). Строение и свойства /Лек/	7	2	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
4.2	Работа с конспектом лекций, учебным материалом. /Ср/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			Р7,Р8,Р9,Р10
4.3	Элементы углеродной нанотехнологии(УНТ).. Электронная структура УНТ. Использование УНТ для электроники. /Пр/	7	1	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2		КМ1,КМ2,КМ3	Р4
4.4	Выполнение домашней работы по разделу углеродные нанотехнологии. /Ср/	7	12	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			Р7,Р8,Р9,Р10
Раздел 5. Спинтроника								
5.1	Спинтроника. Физические основы спинтроники. Спинтронные приборы. /Лек/	7	4	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			
5.2	Работа с конспектом лекций, учебным материалом. /Ср/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			Р7,Р8,Р9
5.3	Спинтронные приборы. /Пр/	7	2	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2		КМ1,КМ2,КМ3	Р5
5.4	Расчет параметров спинтронных приборов. /Ср/	7	8	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2			Р7,Р8,Р9,Р10
Раздел 6. Различные направления нанoeлектроники								

6.1	Приборы микро- и наноэлектроники на основе низкоразмерных структур полупроводников. Реализация приборов с КЯ. Резонансный туннельный диод. Светодиоды, фотоприемники, транзисторы с гетеропереходами. Различные направления наноэлектроники. Сверхпроводимость и электронные устройства на ее основе. Наноэлектроника. Перспективы создания новых типов приборов. /Лек/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2			
6.2	Работа с конспектом лекций, учебным материалом. /Ср/	7	6	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2			Р7,Р8,Р9
6.3	Полевые транзисторы с двумерным электронным газом: на основе гетероструктуры AlGaN /GaN с высокой подвижностью электронов в канале (HEMT). Частотные, мощностные характеристики, выбор оптимальной топологии. Сверхпроводимость и электронные устройства на сверхполупроводниках /Пр/	7	4	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2		КМ2, КМ1, КМ3	Р6
6.4	Расчет параметров низкоразмерных полупроводниковых структур, приборов с квантовыми ямами, туннельных диодов, светодиодов, фотоприемников, гетероструктур. /Ср/	7	12	УК-2-31 УК-2-32 УК-2-У1 УК-2-У2 УК-2-В1 УК-2-В2 УК-2-В3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л2.1 Л2.2 Л3.1 Л3.2			Р8,Р7,Р9

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Текущий контроль в виде письменного опроса по теме прошедшей лекции	УК-2-31; УК-2-32	Согласно тематики лекции.
КМ2	Презентация доклада и его защита	УК-2-31; УК-2-32; УК-2-У1; УК-2-У2; УК-2-В3	Доклад оценивается по нескольким критериям: - актуальность - новизна - степень раскрытия темы - ответы на вопросы по теме доклада
КМ3	Защита реферата	УК-2-31; УК-2-32; УК-2-У1; УК-2-У2; УК-2-В3	Согласно тематике реферата и недочетам, выявленным при проверке.

КМ4	Проверка и оценка письменного домашнего задания (ДЗ) преподавателем.	УК-2-В2;УК-2-В1;УК-2-У2;УК-2-У1;УК-2-32;УК-2-31	Согласно тематики ДЗ.
-----	--	---	-----------------------

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа 1	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В3	Изучение основ физических принципов функционирования наноэлектронных устройств. Решение примеров задач.
P2	Практическая работа №2	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В3	Изучение физических принципов функционирования наноструктур типа "Множественные квантовые ямы и сверхрешетки". Решение примеров задач.
P3	Практическая работа №3	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В3	Методы формирования полупроводниковых квантоворазмерных структур. Эпитаксия из газовой фазы. Решение примеров задач.
P4	Практическая работа №4.	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В3	Углеродные нанотехнологии. Методы синтеза углеродных наноструктур и особенности их свойств. Пример расчета свойств углеродных нанотрубок.
P5	Практическая работа №5.	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В3	Практическое применение спин-эффектов в электронике. Методы создания устройств и особенности их функционирования.
P6	Практическая работа №6.	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В3	Различные направления нанoeлектроники. Применение и перспективы реализации.
P7	Подготовка к письменному опросу по теме прошедшей лекции	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В2	1-2 вопроса по тематике прошедшей лекции
P8	Подготовка доклада с презентацией по тематике дисциплины	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В3	Предполагается подготовка презентации и устного доклада по тематике дисциплины. Продолжительность доклада ~ 10 мин. Темы доклада выбираются самостоятельно либо из списка тем, либо согласуется с преподавателем.
P9	Подготовка реферата по изучаемой дисциплине	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-У2;УК-2-В2;УК-2-В3	Реферат на предложенную тему. Требования: 20+ страниц, использование актуальной литературы, оформление согласно ГОСТ. Предполагает последующую защиту.
P10	Домашнее задание	УК-2-31;УК-2-32;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-2-В2	Решение задачи согласно изучаемого раздела дисциплины

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзамен не предусмотрен

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Обучающийся для получения зачета должен выполнить все работы, указанные в данном разделе.

Оценка формируется как среднеарифметическое из оценок за текущие практические работы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Драгунов В. П., Остертак Д. И.	Микро- и нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012
Л1.2	Шишкин Г. Г., Агеев И. М.	Нанoeлектроника: элементы, приборы, устройства: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.3	Ковалев А. Н.	Транзисторы на основе полупроводниковых гетероструктур: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Верецагина Я. А.	Инновационные технологии: введение в нанотехнологии: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2009
Л2.2	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная наноэлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Троян П. Е., Сахаров Ю. В.	Наноэлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л3.2	Дробот П. Н.	Наноэлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: ТУСУП, 2016

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MS Teams
П.5	MATCAD

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Формами работы в аудитории являются лекции, семинарские занятия.

Лекции должны носить установочный и обзорный характер. Студент знакомится с общей проблематикой и терминологией, физико-техническими основами рассматриваемых явлений, физикой работы приборов на основе многокомпонентных наногетероструктур. При представлении материала рекомендуется использовать презентации, подготовленные в Power Point. Слайды должны носить иллюстративный характер и не должны излишне перегружаться текстом и стандартными математическими преобразованиями.

На семинарские занятия вынесены преимущественно теоретические материалы для углубленного изучения наиболее существенных частей дисциплины. Изучение материала семинара иллюстрируется оценочными расчетами и ссылками на литературные источники.