

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:35:34

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)

Физические основы микро- и наносистемной техники

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 7

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
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):

дфмн, профессор, Панина Лариса Владимировна; ктн, ассистент, Юданов Николай Анатольевич

Рабочая программа

Физические основы микро- и наносистемной техники

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 28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.03.01-БНМТ-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 18.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью преподавания дисциплины является формирование знаний о физических основах микро- и наносистемной техники, физических принципах её функционирования, и областях применения. Ставятся задачи научить физическим основам функционирования, методам построения и областям применения микро- и нано систем.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Материаловедение наноструктурированных материалов
2.1.2	Материалы и элементы микро- и наносенсорики
2.1.3	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем
2.1.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.1.5	Физика диэлектриков
2.1.6	Физика конденсированного состояния
2.1.7	Физика магнитных явлений
2.1.8	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники
2.1.9	Безопасность жизнедеятельности
2.1.10	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники
2.1.11	Общее материаловедение
2.1.12	Статистическая физика
2.1.13	Физические свойства кристаллов
2.1.14	Электроника
2.1.15	Математическая статистика и анализ данных
2.1.16	Методы математической физики
2.1.17	Основы квантовой механики
2.1.18	Практическая кристаллография
2.1.19	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.20	Физика
2.1.21	Физическая химия
2.1.22	Электротехника
2.1.23	Математика
2.1.24	Органическая химия
2.1.25	Химия
2.1.26	Инженерная и компьютерная графика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Ионно-плазменная обработка материалов
2.2.2	Магнитные измерения
2.2.3	Моделирование и проектирование микро- и наносистем
2.2.4	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.5	Основы спинтроники
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.7	Технология производства ферритовых материалов и радиокерамики
2.2.8	Физика взаимодействия частиц и излучений с веществом
2.2.9	Химия наноматериалов и наносистем

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

Знать:

ОПК-3-31 основы теории электрических и магнитных, пассивных и активных, линейных и нелинейных цепей с сосредоточенными и с распределенными параметрами; эквивалентные схемы активных элементов; методы анализа частотных и переходных характеристик; основы теории электромагнитного поля

ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники								
Знать:								
ПК-3-31 основы материаловедения наноструктурированных материалов								
ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники								
Знать:								
ПК-6-31 физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы, компонентной базы МЭМС и МСТ								
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники								
Знать:								
ПК-3-32 основные методы диагностики микро- и наномасштабных объектов, анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем								
Уметь:								
ПК-3-У1 применять методы моделирования в материаловедении для приборов и устройств микросистемной техники и твердотельной наноэлектроники								
ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники								
Уметь:								
ПК-6-У1 применять методы моделирования в материаловедении для приборов и устройств микросистемной техники и твердотельной наноэлектроники								
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования								
Уметь:								
ОПК-1-У1 применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач								
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								
Уметь:								
УК-2-У1 вести поиск литературы и объектов интеллектуальной собственности в области профессиональных интересов								
ПК-6: Способен выявлять перспективные направления исследований в области физики, химии и технологии магнитных материалов, полупроводников, диэлектриков, металлов и сплавов, метаматериалов и радиокерамики для совершенствования устройств и систем микро- и наносистемной техники								
Владеть:								
ПК-6-В1 методами построения современных проблемно-ориентированных прикладных программных средств в области нанотехнологий и микросистем								
ПК-3: Способен обоснованно выбирать методы нанотехнологий с целью получения функциональных и конструкционных наноматериалов неорганической и органической природы для реализации устройств и систем нано- и микросистемной техники								
Владеть:								
ПК-3-В1 сведениями об основных тенденциях развития нано- и микросистемной техники, твердотельной электроники, а также о новейших разработках наноматериалов и компонентной базы в указанных областях;								
ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования								
Владеть:								
ОПК-1-В1 методами анализа переходных процессов в линейных и нелинейных цепях								

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. Введение, обобщенное описание компонентов микросистемной техники							
1.1	Классификация компонентов микросистемной техники по функциональному назначению и принципу действия. Базовые конструкции и обобщенное описание компонентов. /Лек/	7	5	ОПК-3-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-6-31	Л1.4 Л1.7Л2.6 Э1		КМ1	
1.2	Бинарные системы, элементы памяти /Пр/	7	5	ПК-3-У1 ПК-6-В1	Л1.2 Л1.4			
1.3	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	7	13	ПК-3-В1	Л1.2 Л1.4 Л1.7Л2.6			
	Раздел 2. Материалы микросистемной техники							
2.1	Классификация материалов микросистемной техники. Конструкционные, функционально-активные и адаптивные материалы. Критерии выбора и совместимости материалов. /Лек/	7	5	ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.2 Л1.4 Л1.7 Э1 Э2		КМ1	
2.2	Проектирование функционально-активных материалов и материалов с памятью формы. /Пр/	7	5	ПК-3-У1	Л1.1 Л1.6			
2.3	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	7	20	ПК-3-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.3			
2.4	Эллипсометрические методы измерения параметров наноразмерных структур /Лаб/	7	8	ПК-3-У1 ПК-6-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7 Э2			Р2
	Раздел 3. Компоненты микросистемной техники							
3.1	- Классический электромеханический и пьезоэлектрический преобразователи; - Проявление размерных эффектов и эффектов масштабирования при электростатических и электромагнитных взаимодействиях. /Лек/	7	2	ПК-3-32	Л1.4 Л1.7		КМ1	
3.2	Выполнение домашнего задания, подготовка и написание реферата /Ср/	7	20	УК-2-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.4 Л1.7			
	Раздел 4. Элементы памяти вычислительных систем							
4.1	Основная и периферийная память, устройство основной памяти, жёсткий диск, флэш память, удаленная память. /Лек/	7	2	ПК-6-31	Л1.2Л2.5		КМ1	

4.2	выполнение домашнего задания, подготовка и написание реферата /Ср/	7	20	УК-2-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-6-В1	Л1.2Л2.5			
Раздел 5. Сенсоры и актюаторы								
5.1	Характеристики сенсоров, погрешности измерений. Обзор сенсорных систем /Лек/	7	3	ОПК-3-31 ПК-3-31 ПК-3-32 ПК-6-31	Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.4		КМ1	
5.2	Расчет характеристики сенсоров: диапазон измерения, чувствительность, точность, линейность, селективность. Погрешности измерений: температурный и временной дрейф параметров, шумы. /Пр/	7	7	УК-2-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.3Л2.3			
5.3	подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	7	20	УК-2-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.3Л2.4			
5.4	Измерение параметров магнито индуктивного сенсора на основе магнитного микропровода /Лаб/	7	9	УК-2-У1 ОПК-1-У1 ОПК-1-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-6-У1 ПК-6-В1	Л1.3 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4			Р3

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	Зачёт	ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-6-31;ПК-6-У1;ПК-6-В1;ОПК-3-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;УК-2-У1	<p>Часть1 Ответьте на все вопросы (каждый вопрос-2 бала)</p> <p>1. Число 41 в двоичной системе имеет вид: А) 101001 Б) 100101 В) 100111 Д) 110001</p> <p>2. Двоичное число 11000101 записывается в десятичной системе как : А) 107 Б) 179 В) 197 Д) 213</p> <p>3. Гексагональным представлением двоичного числа 11010101 является: А) 6D Б) 6E В) C5 Д) D5</p>

			<p>4. Килобайт равняется: A) 2 8 bytes B) 1,000,000 bytes C) 1024 bytes D) 1000 bytes</p> <p>5. Размер регистра в компьютере - A) Всегда 8 bits B) Всегда 16 bits C) Всегда 32 bits D) Зависит от типа компьютера</p> <p>6. Размер файла для цветной фотографии 1024 x 2048 пикселей x 24 bit colour- A) 300 KBytes B) 900 KBytes C) 2.3 MBytes D) 6 Mbytes</p> <p>7. Сколько битов требуется для записи адресов для 256 KByte памяти? A) 8 B) 12 C) 16 D) 18</p> <p>8. Какой из следующих типов памяти является энергозависимым? A) RAM B) ROM C) Magnetic disk D) Optical disk</p> <p>9. Какой из следующих типов памяти является самым быстрым? A) Magnetic Disk B) ROM C) Dynamic RAM D) Static Ram</p> <p>10. Какой тип памяти используется в кэш ? A) Dynamic RAM B) Static RAM C) Flash D) EPROM</p> <p>11. Какое положение относительно динамической RAM (DRAM) является неправильным? A) Для сохранения информации достаточно поддерживать питание. B) Один бит такой памяти использует один транзистор и один конденсатор. C) Этот тип памяти используется в синхронизованной DRAM (SDRAM). D) Один бит такой памяти является наиболее миниатюрным, то есть такая память обладает высокой плотностью информации.</p>
--	--	--	--

12. Какое положение относительно перпендикулярной магнитной записи (PMR) является неправильным?

- A) PMR имеет высокую тепловую стабильность из-за большого объема бита.
- B) Магнитные биты, расположенные перпендикулярно поверхности, позволяют осуществить быстрый доступ к информации.
- C) Магнитные биты, расположенные перпендикулярно поверхности, позволяют достичь большей плотности записи
- D) Дальнейшее развитие PMR требует использование многопленочной технологии, что позволяет уменьшить разброс осей анизотропии.

13. Какие две технологии позволяют осуществить перезаписывающие оптические диски?

- A) Формирование на поверхности канавок и выступов.
- B) Химическое изменение состояния покрытия.
- C) Фазовые переходы между упорядоченными и неупорядоченными состояниями.
- D) Магнитооптические среды.

14. Определите преимущество магнитооптической записи по сравнению с оптическим методом, использующим изменение фазы состояния (кристаллическая и аморфная).

- A) Большая плотность записи
- B) Меньший размер бита
- C) Более сильный считываемый сигнал
- D) Более высокая скорость считывания

15. С помощью какого процесса логический дизайн процессора переносится на чип?

- A) Испарительные технологии
- B) Фотолитография
- C) Маскировочные технологии
- D) Распылительные технологии

16. Предполагается, что один бит твердотельной памяти будет иметь размер порядка 10 нм. Какая максимальная плотность записи в Tera-bytes/inch² возможна в этом случае? (inch=2.5 см, для простоты: 1 TB=10

- A) 625
- B) 0.8
- C) 6.25
- D) 80

17. Что не является типом ROM?

- A) EEPROM
- B) DRAM
- C) FLASH
- D) EPROM

Часть 2

2.1

С помощью диаграмм объясните расположение битов информации,

			<p>а также принцип записи и чтения для магнитного жесткого диска</p> <p>2.2. С помощью диаграмм объясните расположение битов информации, а также принцип записи и чтения для оптического диска</p> <p>2.3 Объем информации на DVD значительно превышает возможности CD. Проведите сравнительный анализ технологий DVD и CD, объясняющий дополнительные возможности DVD.</p> <p>2.4. Эффект магнитосопротивления и его применение для считывающих головок и для сенсоров.</p> <p>2.5. Объясните принцип измерения механического напряжения с помощью эффекта магнитосопротивления</p> <p>2.6. Проведите сравнительный анализ технологий и использования статической RAM (SRAM) и динамической RAM (DRAM).</p>
--	--	--	--

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	Курсовая работа	ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-6-31;ПК-6-У1;ПК-6-В1	Графически расчётная работа
P2	Лабораторная работа 1	ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-6-31;ПК-6-У1;ПК-6-В1	Эллипсометрические методы измерения параметров наноразмерных структур
P3	Лабораторная работа 2	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-32;ПК-3-В1;ПК-6-31;ПК-6-У1;ПК-6-В1	Измерение параметров магнито индуктивного сенсора на основе магнитного микропровода

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	Фарбер В. М., Лежнин Н. В., Хотинов В. А., Селиванова О. В., Лобанов М. Л.	Конструкционные и функциональные материалы на металлической основе: учебное пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Муромцев Д. Ю., Яшин Е. Н.	Микропроцессоры и микроЭВМ: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2013
Л1.3	Родионов Ю. А.	Основы микросенсорика: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва, Вологда: Инфра- Инженерия, 2019
Л1.4	Шишкин Г. Г., Агеев И. М.	Нанoeлектроника: элементы, приборы, устройства: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.5	Морозов В. П.	Измерения и датчики в технических системах: учеб. пособие для студ. обуч. по напр. "Автоматизация и управление"	Электронная библиотека	М.: Изд-во МГТУ, 2012
Л1.6	Крутогин Д. Г.	Функциональные материалы электроники и их технологии: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л1.7		Нано- и микросистемная техника	Библиотека МИСиС	М.: Новые технологии,

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Сергеев А. Г.	Нанометрология: монография	Электронная библиотека	Москва: Логос, 2011
Л2.2	Петрушевский Ф. И.	Общая метрология: монография	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: Типография Эдуарда Праца и К°, 1849
Л2.3	Непомнящий О. В., Вейсов Е. А.	Проектирование сенсорных микропроцессорных систем управления: монография	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2010
Л2.4	Вавилов В. Д., Тимошенко С. П., Тимошенко А. С.	Микросистемные датчики физических величин: монография	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2018
Л2.5	Бродин В. Б., Калинин А. В.	Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики	Библиотека МИСиС	М.: ЭКОМ, 2002
Л2.6	Рабинович О. И., Крутогин Д. Г., Маренкин С. Ф., Подгорная С. В.	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Johnson M. Magnetoelectronics [Book]. — Elsevier Academic press, 2004. — 410 p. — Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". — URL: https://doi.org/10.1016/B978-012088487-2/50000-5	https://www.sciencedirect.com/book/9780120884872/magnetoelectronics
Э2	Joachim Piprek. Optoelectronic Devices: Advanced simulation and analysis [Book]. — Springer Science+Business Media, 2005. — 452 p. — Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". — URL: https://doi.org/10.1007/b138826	https://link.springer.com/book/10.1007/b138826#toc

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (http://elibrary.ru/)
И.2	Springerlink (https://link.springer.com/)
И.3	Web of Science (WOS) (https://apps.webofknowledge.com)

И.4	Scopus (https://www.scopus.com/)
И.5	Elsevier (https://www.sciencedirect.com/)

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, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
К-435	Лаборатория	спектральный эллипсометрический комплекс, векторный анализатор электрических цепей, петлемер индукционный, смеситель, магнитометр АТЕ-8702, комплект учебной мебели на 8 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.