

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 12.10.2023 12:49:17

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)

Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

5 ЗЕТ

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 9

аудиторные занятия

68

курсовая работа 9

самостоятельная работа

76

часов на контроль

36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	76	76	76	76
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.ф.-.м.н., доцент, Рабинович Олег Игоревич

Рабочая программа

Моделирование процессов и устройств полупроводниковой электроники

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 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, 11.03.04-БЭН-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.03.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра ППЭ и ФПП

Протокол от 21.06.2023 г., №11

Руководитель подразделения Костишин Владимир Григорьевич

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	являются дать представления об основных математических моделях, описывающих процессы формирования структур нанoeлектроники и физики работы наноструктур и научить решать задачи математического моделирования с целью оптимизации параметров процессов и расчетов характеристик нанoeлектронных приборов.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.13
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Магнитные измерения	
2.1.2	Математические модели технологических процессов получения магнитоэлектроники и радиокерамики	
2.1.3	Моделирование технологических процессов получения материалов электронной техники	
2.1.4	Нанoeлектроника полупроводниковых приборов и устройств	
2.1.5	Оборудование производства ферритовых материалов и радиокерамики	
2.1.6	Основы технологии электронной компонентной базы	
2.1.7	Приборы квантовой и оптической электроники	
2.1.8	Дефекты в оптоэлектронных полупроводниковых приборах на широкозонных материалах	
2.1.9	Ионно-плазменная обработка материалов	
2.1.10	Компьютерные технологии проектирования процессов нанoeлектроники	
2.1.11	Материаловедение ферритов и родственных магнитных систем	
2.1.12	Основы проектирования электронной компонентной базы. Пакеты прикладных программ	
2.1.13	Основы технологии электронной компонентной базы. Технология тонких пленок	
2.1.14	Полевые полупроводниковые приборы	
2.1.15	Полупроводниковая нанoeлектроника	
2.1.16	Приемники оптического излучения	
2.1.17	Физика импульсного отжига	
2.1.18	Физико-математические модели процессов нанoeлектроники	
2.1.19	Физические основы электроники	
2.1.20	Функциональная нанoeлектроника	
2.1.21	Биполярные полупроводниковые приборы	
2.1.22	Инженерная математика	
2.1.23	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.24	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.25	Технология материалов электронной техники	
2.1.26	Физика диэлектриков	
2.1.27	Физика магнитных явлений	
2.1.28	Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники	
2.1.29	Актуальные проблемы современной электроники, нанoeлектроники и магнитоэлектроники	
2.1.30	Физические свойства кристаллов	
2.1.31	Практическая кристаллография	
2.1.32	Физика	
2.1.33	Физическая химия	
2.1.34	Электротехника	
2.1.35	Математика	
2.1.36	Органическая химия	
2.1.37	Информатика	
2.1.38	Химия	
2.1.39	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Высоковакуумное оборудование в нанoeлектронике	
2.2.2	Компьютерные технологии в исследованиях материалов электроники и нанoeлектроники	
2.2.3	Компьютерные технологии в научных исследованиях	

2.2.4	Мессбаэровская спектроскопия материалов магнитоэлектроники и микросистемной техники
2.2.5	Микросхемотехника
2.2.6	Молекулярно-пучковая и МОС-гидридная технологии
2.2.7	Приборные структуры на некристаллических материалах
2.2.8	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках
2.2.9	Приборы и устройства магнитоэлектроники
2.2.10	Приборы и устройства на основе наносистем
2.2.11	Программирование микроконтроллеров
2.2.12	Специальные вопросы физики магнитных явлений в конденсированных средах Часть 1
2.2.13	Технология наногетероструктур
2.2.14	Конструирование светоизлучающих устройств
2.2.15	Магнитные наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии
2.2.16	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов
2.2.17	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства
2.2.18	Радиационно-технологические процессы в электронике
2.2.19	Технологии материалов для радиопоглощения и электромагнитного экранирования
2.2.20	Физика и техника магнитной записи
2.2.21	Физика СВЧ полупроводниковых приборов
2.2.22	Электроника органических полупроводников (материалы, технологии, приборы)
2.2.23	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений А2В6
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.25	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ЦПК-3: Применяет программные алгоритмы обработки данных для инженерно-научных расчетов

Знать:

ЦПК-3-31 алгоритмы обработки данных

ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

Знать:

ОПК-4-31 принципы работы современных информационных технологий

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Знать:

ОПК-1-31 методы естественных наук

ЦПК-3: Применяет программные алгоритмы обработки данных для инженерно-научных расчетов

Уметь:

ЦПК-3-У1 использовать алгоритмы обработки данных

ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

Уметь:

ОПК-4-У1 использовать технологии для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Уметь:

ОПК-1-У1 использовать положения математики

ЦПК-3: Применяет программные алгоритмы обработки данных для инженерно-научных расчетов
Владеть:
ЦПК-3-В1 обработкой данных для инженерно-научных расчетов
ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы, соответствующие профилю подготовки, разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
Владеть:
ОПК-4-В1 алгоритмами и компьютерными программами, пригодными для практического применения
ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности
Владеть:
ОПК-1-В1 законами математики

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. Основные физики полупроводников. Приборы и их свойства							
1.1	Основные параметры полупроводниковых материалов /Лек/	9	7	ОПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 2 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.2	Проработка материала для практических и лабораторных работ /Ср/	9	15	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 2 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.3	Подготовка к контрольной работе /Ср/	9	13	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.4	Выполнение контрольной работы 1 /Пр/	9	10	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

1.5	Основные типы современных приборов для оптоэлектроники и силовой электроники /Лек/	9	10	ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ЦПК-3-31 ЦПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 2 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.6	Проработка лекционного материала для практических и лабораторных работ /Ср/	9	12	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2. 1 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
Раздел 2. Проведение компьютерного моделирования гетероструктур и приборов на их основе								
2.1	Модели наногетероструктур /Лаб/	9	10	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л3.2Л2. 1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.2	Проработка материала для практических и лабораторных работ /Ср/	9	10	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л3.2Л2. 1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.3	Подготовка к контрольной работе /Ср/	9	4	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2. 1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.4	Выполнение контрольной работы 2 /Пр/	9	9	ЦПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2. 1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.5	Модели приборов на основе наногетероструктур /Лаб/	9	7	ЦПК-3-В1 ЦПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э1	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

2.6	Проработка материала для практических и лабораторных работ /Ср/	9	11	ОПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.7	Подготовка и выполнение КР /Ср/	9	11	ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.8	Защита Курсовой работы /Пр/	9	15	ОПК-1-У1 ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.2 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

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	Зачет с оценкой	ОПК-4-31;ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ЦПК-3-31;ЦПК-3-У1;ЦПК-3-В1	<p>Деление материалов по степени объемности. 3-D трехмерные, 2-D двумерные, 1-D од-номерные и 0D-мерные структуры.</p> <p>Технологические приемы для создания полупроводниковых приборов на принципе «сверху-вниз».</p> <p>Методы получения тонких слоев, применяемых в нанотехнологии и их особенности.</p> <p>Свойства полевых транзисторов на наноструктурах.</p> <p>Моделирование и методы расчета оптических наноструктур</p> <p>Моделирование формирования изображения в фоторезисте.</p> <p>Моделирование процесса травления фоторезиста.</p> <p>Ограничения оптической литографии.</p> <p>Теория электронной эмиссии.</p> <p>Моделирование эффекта близости при электронной литографии.</p> <p>Метод Монте Карло.</p> <p>Структура и технологии нанотранзисторов.</p> <p>Электронный перенос в наноструктурах с критическим размером.</p> <p>Моделирование кремниевых полевых нанотранзисторов методом Монте-Карло с учетом квантовых эффектов.</p> <p>Моделирование характеристик полевого баллистического нанотранзистора в тонком кремнии на изоляторе.</p> <p>Уравнения Максвелла в диспергирующих средах. Уравнения поля в диэлектрика в отсутствии дисперсии. Энергия поля в диспергирующих средах. Пространственная дисперсия.</p>

КМ2	Контрольная работа 1	ОПК-4-В1	<p>Нарисуйте диаграммы энергетических зон для гетеропереходов невырожденных полу-проводников со следующими параметрами: $\Phi_1 > \Phi_2$, $\chi_1 < \chi_2$, $\Delta E_g > \Delta\chi$.</p> <p>К какому типу относится гетероструктуры GaAs, InGaN, AlGaP? Нанесите обозначения существенных параметров. В каких приборах их можно использовать? Рассчитайте энергию первых двух уровней электронов с эффективной</p> <p>Какова ширина потенциальной ямы первом энергетическом уровне?</p> <p>Как изменяется подвижность носителей заряда в области ДЭГ селективно-легированного транзистора.</p> <p>Основные характеристики наноматериалов.</p> <p>Схема создания нового наноматериала.</p>
КМ3	Контрольная работа 2	ЦПК-3-В1	<p>От каких параметров зависит концентрация электронов в ДЭГ селективно-легированного транзистора</p> <p>Какова ширина потенциальной ямы на втором энергетическом уровне?</p> <p>В каком случае наблюдается квантово-размерный эффект в полупроводниковых структурах?</p> <p>В чем заключается основное преимущество квантово-размерных структур с точки зрения создания электронных приборов?</p> <p>В каком случае наблюдается пик проводимости в туннельно-резонансной структуре с двойным барьером?</p> <p>Использование метода Монте-Карло при моделировании процессов осаждения.</p> <p>Молекулярно-динамические методы моделирования.</p> <p>Плазмохимическое осаждение моделирование роста покрытий в условиях бомбардировки высокоскоростными атомами.</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	ОПК-1-У1;ОПК-1-В1	<p>Размерное квантование. Двумерные (2D) системы – квантово-размерные ям в двойных гетероструктурах на основе соединений AlGaInN</p> <p>Соединения АПВВ и традиционные материалы Si/Ge – различия основных характеристик</p> <p>Одномерные (1D) системы –квантовые точки (КТ). Спектр и плотность электронных состояний, статистика и транспорт носителей заряда.</p> <p>Особенности транспорта носителей заряда в 3D, 2D, 1D и 0D системах</p> <p>Баллистический транспорт и проводимость в квантовых проволоках (КП).</p> <p>Метод молекулярно лучевой эпитаксии и МОС-гидридная технология получения соединений АПВВ – преимущества и недостатки.</p> <p>Основные методы и инструментарий для исследований структурных свойств наноразмерных материалов: атомно-силовая микроскопия, сканирующее –туннельная микроскопия, Оже-микроскопия, рентгеновская микроскопия и т.д..</p> <p>Экситоны в одномерных (1D) квантовые проволоки (КП) и нульмерных (0D) –квантовые точки (КТ) системах.</p> <p>Самоорганизующие системы в соединениях АПВВ.</p> <p>Основы и инструментарий нанолитографии</p> <p>Полевые транзисторы с двумерным газом (2D) на основе Si MOSFET и на гетероструктурах AlGaAs/GaAs с высокой мобильностью электронов в канале (HEMT): сравнение их характеристик.</p> <p>AlGaInN – Светоизлучающие диоды.</p> <p>Роль квантово-размерных ям в оптическом свечении излучающих диодов</p> <p>Гетеролазеры с КЯ и КТ на основе соединений АПВВ.</p> <p>Пьезоэлектрическое поле, спонтанная поляризация, эффект поляризации и Штарка.</p> <p>Одноэлектронный компьютер – физические основы и перспективы.</p>

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

В данном курсе предусмотрен Зачет, как финальное испытание

Билет состоит из 2-х вопросов.

Вопросы для оценки располагаются в разделе для самоподготовки.

Первый вопрос - теоретический и типовые варианты представлены в разделе для самоподготовки.

Второй вопрос - расчетно-графический и типовые варианты представлены в разделе для самоподготовки.

Вариант билета прикреплен в разделе Приложения.

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

По дисциплине для получения Зачета студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить и защитить КР.

Оценки за контрольную работу выставляются по следующим критериям:

- а) «отлично» – студент правильно решил задачи и полно ответил на все теоретические вопросы;
- б) «хорошо» – студент решил задачи и недостаточно полно ответил на все теоретические вопросы;
- в) «удовлетворительно» – студент неправильно решил задачи, неполно ответил на теоретические вопросы;
- г) «неудовлетворительно» – студент не решил задачу, не ответил на теоретические вопросы.

Защита КР происходит в электронной среде Canvas. Оценка выставляется по следующим критериям:

- а) «отлично» – студент правильно провел анализ информации, полно представил работу, сделал правильные выводы, исчерпывающе ответил на вопросы при защите работы;
- б) «хорошо» – студент правильно или с небольшими ошибками представил информацию, сделал правильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;;
- в) «удовлетворительно» – студент провел необходимые расчеты с незначительными ошибками, представил неверный анализ, сделал неполные или неправильные выводы, недостаточно полно ответил на вопросы при защите работы;
- г) «неудовлетворительно» – студент провел представил анализ с грубыми ошибками, сделал неправильные выводы, не ответил или ответил неверно на вопросы при защите работы;.

Оценка за Зачет формируется как среднеарифметическое за все контрольные работы и КР.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1971
Л1.2	Ковалев А. Н., Рабинович О. И., Тимошина М. И.	Физика и технология наноструктурных гетерокомпозиций: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Евсеев Виктор Алексеевич	Основы технологии электронной компонентной базы. Моделирование технологических процессов получения тонкопленочных материалов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Рабинович Олег Игоревич	Микроэлектроника. Компьютерное моделирование параметров полупроводниковых компонентов микроэлектроники: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.2	Сушков Валерий Петрович, Кузнецов Геннадий Дмитриевич, Рабинович Олег Игоревич	Конструирование компонентов и элементов микро- и наноэлектроники. Компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012
ЛЗ.3	Рабинович Олег Игоревич, Крутогин Дмитрий Григорьевич, Маренкин Сергей Федорович, Подгорная Светлана Владимировна	Основы технологии электронной компонентной базы: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Курс в LMS CANVAS	https://lms.misis.ru/enroll/Y7A7RT
Э2	Springer	https://link.springer.com/
Э3	Elsevier	Elsevier https://www.sciencedirect.com/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ANSYS Academic Research CFD
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научные журналы и статьи
И.2	http://elibrary.ru/
И.3	https://link.springer.com/
И.4	Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.5	Scopus https://www.scopus.com/
И.6	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, 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 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-428	Учебная аудитория	4 лабораторные установки, установка для роста углеродных нанотрубок методом PECVD, печь ИК нагрева MILA-5000, в том числе: доска учебная, монитор, системный блок, комплект учебной мебели на 20 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

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Учебная литература по курсу для использования в учебном процессе находится на кафедре. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Расчетно-графические работы - Курсовая

работа выполняются с помощью пакета прикладных программ.

Практические занятия проводятся с использованием наглядных пособий, образцов, установок с соответствующим программным обеспечением. Электронные презентации и (или) опорные конспекты теоретических основ дисциплины заранее передаются обучающимся для предварительного ознакомления. Перед проведением практических занятий обучающимся рекомендуется самостоятельно просмотреть теоретический материал по тематике предстоящего занятия. Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте <https://lms.misis.ru/enroll/Y7A7RT>. В учебном процессе используются программные базы вуза и автоматизированные средства взаимодействия преподавателя и обучающегося. Электронный контент в Canvas содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.