

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:35:38

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 и проектирование микро- и наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.03.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 8

аудиторные занятия

39

самостоятельная работа

69

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	13	13	13	13
Лабораторные	13	13	13	13
Практические	13	13	13	13
Итого ауд.	39	39	39	39
Контактная работа	39	39	39	39
Сам. работа	69	69	69	69
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

дфмн, профессор, Панина Лариса Владимировна; ассистент, Евстигнеева Светлана Алексеевна

Рабочая программа

Моделирование и проектирование микро- и наносистем

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 микро и наносистемах, физических принципах их функционирования, и областях применения. Научить физическим основам функционирования микро и наносистем; обосновывать выбор материалов, методам их получения с заданными структурными и физическими свойствами на основе микро- нанотехнологий; методам моделирования микро и наносистем: формулирование необходимых свойств, анализ модельных допущений и ограничений, выбор оптимальных математических методов, способы проверки адекватности модели, и анализ конкретных направлений ее практического применения.
-----	---

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Инженерная математика	
2.1.2	Конструкционные материалы и их технологии	
2.1.3	Материаловедение магнитной электроники и микросистемной техники	
2.1.4	Оборудование микро- и нанотехнологий	
2.1.5	Оборудование производства магнитных материалов	
2.1.6	Технология материалов нанoeлектроники и микросистемной техники	
2.1.7	Физические основы микро- и наносистемной техники	
2.1.8	Функциональные материалы и их технологии	
2.1.9	Материаловедение наноструктурированных материалов	
2.1.10	Материалы и элементы микро- и наносенсорики	
2.1.11	Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем	
2.1.12	Физика диэлектриков	
2.1.13	Физика конденсированного состояния	
2.1.14	Физика магнитных явлений	
2.1.15	Физика полупроводников и основы твердотельной электроники	
2.1.16	Безопасность жизнедеятельности	
2.1.17	Метрология, стандартизация и технические измерения технологии материалов электроники	
2.1.18	Общее материаловедение	
2.1.19	Статистическая физика	
2.1.20	Физические свойства кристаллов	
2.1.21	Электроника	
2.1.22	Математическая статистика и анализ данных	
2.1.23	Методы математической физики	
2.1.24	Практическая кристаллография	
2.1.25	Физика	
2.1.26	Физическая химия	
2.1.27	Электротехника	
2.1.28	Математика	
2.1.29	Органическая химия	
2.1.30	Экономика	
2.1.31	Информатика	
2.1.32	Химия	
2.1.33	Инженерная и компьютерная графика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники

Знать:

ОПК-7-31 методы анализа частотных и переходных характеристик

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 базовые физические и физико-химические процессы микро- и нанотехнологий как основу производства материалов, компонентов и изделий нано- и микросистемной техники, электроники, микро- и наноэлектроники
ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Знать:
ОПК-7-32 основы теоретической механики, теории механизмов и машин
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Знать:
ПК-2-31 Мировые достижения в области разработки и производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Знать:
ОПК-7-33 основы теории электрических и магнитных, пассивных и активных, линейных и нелинейных цепей с сосредоточенными и с распределенными параметрами
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-2-31 основные методы диагностики микро- и наномасштабных объектов, анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем
УК-2-32 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 Базовые технологические процессы, оборудование и маршруты изготовления микро- и наноразмерных электромеханических систем
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 Анализировать результаты моделирования и готовить рекомендации по экспериментальной отработке технологических режимов
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
Уметь:
ПК-3-У2 Обработать и систематизировать полученную информацию по микро- и наноразмерным электромеханическим системам
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У2 Выбирать методики и средства моделирования технологических процессов
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
Уметь:
ПК-3-У1 применять методы и средства измерения физических величин (исследования) наноструктурированных объектов
ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
Уметь:

ОПК-3-У2 применять методы моделирования в материаловедении для приборов и устройств микросистемной техники и твердотельной наноэлектроники
ОПК-3-У1 анализировать воздействие сигналов на линейные и нелинейные цепи, производить расчет усилителей, генераторов, стабилизаторов и преобразователей электрических сигналов
ОПК-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Уметь:
ОПК-7-У2 применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач
ОПК-7-У1 проводить анализ цепей при постоянных и синусоидальных воздействиях, а также при воздействии сигналов произвольной формы, импульсных сигналов
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-В2 Анализ существующих методов и маршрутов формирования микро- и наноструктур, входящих в конструкцию микро- и наноразмерных электромеханических систем, а также свойств материалов и их комбинаций, входящих в конструкцию и определяющих работу
ПК-3-В1 Анализ физических и технологических принципов, заложенных в конструкцию электромеханической системы
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
Владеть:
УК-2-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-7: Способен разрабатывать, проектировать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и микросистемной техники
Владеть:
ОПК-7-В2 Анализ результатов моделирования и подготовка рекомендаций по последовательностям и режимам технологических операций
ОПК-7-В1 методами анализа переходных процессов в линейных и нелинейных цепях
ОПК-3: Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
Владеть:
ОПК-3-В2 методами построения современных проблемно-ориентированных прикладных программных средств в области нанотехнологий и микросистем
ОПК-3-В1 навыками работы с измерительной аппаратурой, предназначенной для определения параметров и характеристик материалов и элементов нано- и микросистемной техники и твердотельной электроники
ПК-2: Способен моделировать и рассчитывать требуемые входные и выходные параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В1 Анализ результатов моделирования и подготовка рекомендаций по последовательностям и режимам технологических операций

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 в микро и наносистемы для электроники							
1.1	Классификация микро и нано систем (0D, 1D, 2D, 3D), предельные размеры макро систем, примеры единичных нано объектов, нанокompозитов и нанорешеток, самоорганизация /Лек/	8	2	ОПК-7-32 ПК-2-31	Л1.Л2.5 Э2 Э3		КМ1	

1.2	Обзор методов математического моделирования /Лек/	8	2	ОПК-7-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1		КМ1	
1.3	Обзор основных уравнений и методов математического моделирования Разработка программного кода, включающего исследование устойчивости и скорости сходимости. Численные методы решения нелинейных уравнений. Создание программы на С (или матлаб) и исследование сходимости /Пр/	8	3	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У2	Л1.2 Л1.3 Э2			Р5
1.4	Методы интерполяции. Разработка программного кода для анализа экспериментальных данных /Лаб/	8	3	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л2.1			Р1
1.5	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	8	20	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.5			
	Раздел 2. Моделирование магнитных микро и наносистем							
2.1	Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния /Лек/	8	2	УК-2-31 УК-2-32 ОПК-7-31 ОПК-7-32 ОПК-7-33 ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.1 Э2		КМ1	
2.2	Моделирование анизотропных магнетиков для цифровых приборов, бистабильность как внутреннее неволатильное свойство /Лек/	8	2	ОПК-7-31 ОПК-7-32	Л1.1 Л1.2 Э2		КМ1	
2.3	Моделирование спиновой поляризации проводящих электронов и ее использование для переноса и считывания информации /Лек/	8	1	УК-2-31 УК-2-32 ОПК-7-31 ОПК-7-32 ОПК-7-33 ПК-2-31 ПК-3-31 ПК-3-32	Л1.1 Э2 Э5		КМ1	
2.4	Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния /Пр/	8	2	ОПК-7-В1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.3Л2.4 Л2.6 Э2			Р6
2.5	Моделирование анизотропных магнетиков для цифровых приборов /Пр/	8	2	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.3Л2.4 Э2			Р7
2.6	Моделирование движения наночастицы во вращающемся поле /Лаб/	8	3	ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л2.3	Занятия проводятся в компьютерном классе. Желательно выполнять задание на личном ноутбуке		Р2

2.7	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, подготовка курсовой работы /Ср/	8	20	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Л2.4 Л2.6			
Раздел 3. Моделирование полупроводниковых наноструктур								
3.1	Анализ наноразмерных полупроводников систем, p-n-переходы, размер области, свободной от зарядов /Лек/	8	2	ОПК-7-31 ОПК-7-32 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Э4		КМ1	
3.2	Моделирование фотоэлементов, светодиодов /Пр/	8	2	ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У2	Л1.1 Э5			Р8
3.3	Моделирование эффективности многопленочных солнечных элементов /Пр/	8	1	ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Э1 Э5			Р9
3.4	Анализ Фурье-спектра сигнала напряжения генерируемого при перемагничивании суперпарамагнитной частицы /Лаб/	8	4	ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л2.4 Л2.7	Занятия проводятся в компьютерном классе. Желательно выполнять задание на личном ноутбуке		Р3
3.5	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, подготовка курсовой работы /Ср/	8	15	УК-2-В1 ОПК-3-У1 ОПК-3-У2 ОПК-3-В1 ОПК-3-В2 ОПК-7-У1 ОПК-7-У2 ОПК-7-В1 ОПК-7-В2 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1 ПК-3-У1 ПК-3-У2 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.4 Л2.7			
Раздел 4. Моделирование и проектирование магнитоэлектронных систем								
4.1	Моделирование многопленочных систем для достижения GMR (spin valve GMR, spin-tunnelling TMR); оптимизация состава (Fe, Co, Ni, Cu, Cr, Ru) и толщины слоев, формирование свободных и фиксированных магнитных слоев /Лек/	8	2	ПК-2-31	Л1.1 Э1 Э5		КМ1	
4.2	Моделирование приборов магнитоэлектроники на основе GMR и TMR /Пр/	8	2	ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.2 Э2 Э5			Р10
4.3	Моделирование логических электронных компонентов: -магнитный биполярный диод (МВД); -магнитный биполярный транзистор (МВТ) /Пр/	8	1	ПК-2-У2	Л1.2 Э2 Э3			Р11

4.4	Моделирование вольт-амперных характеристик солнечных батарей, анализ эффективности. /Лаб/	8	3	ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л2.2 Л2.6	Занятия проводятся в компьютерном классе. Желательно выполнять задание на личном ноутбуке		Р4
4.5	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям и защите курсовой работы /Ср/	8	14	ПК-2-31 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.6			

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	ОПК-7-31;ОПК-7-32;ОПК-7-33;ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У2;ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-31;УК-2-32;УК-2-В1;ПК-2-31;ПК-2-У2;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-31;ПК-3-32;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В2;ПК-3-В1	Изучить физические основы функционирования микро и наносистем; обосновывать выбор материалов, методам их получения с заданными структурными и физическими свойствами на основе микро- нанотехнологий; методам моделирования микро и наносистем: формулирование необходимых свойств, анализ модельных допущений и ограничений, выбор оптимальных математических методов, способы проверки адекватности модели, и анализ конкретных направлений ее практического применения.

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
Р1	Лабораторная работа 1	ОПК-7-31;ОПК-7-32;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Методы интерполяции. Разработка программного кода для анализа экспериментальных данных
Р2	Курсовая работа	ОПК-7-31;ОПК-7-У1;ОПК-7-32;ОПК-7-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Моделирование движения наночастицы во вращающемся поле
Р3	Лабораторная работа 2	ОПК-7-31;ОПК-7-32;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Анализ Фурье-спектра сигнала напряжения генерируемого при перемагничивании суперпарамагнитной частицы
Р4	Лабораторная работа 3	ОПК-7-31;ОПК-7-32;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Моделирование вольт-амперных характеристик солнечных батарей, анализ эффективности.

P5	ПР1	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Обзор основных уравнений и методов математического моделирования Разработка программного кода, включающего исследование устойчивости и скорости сходимости. Численные методы решения нелинейных уравнений. Создание программы на С (или матлаб) и исследование сходимости
P6	ПР2	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Спонтанная намагниченность, модели стабилизации, модификации и коммуникации магнитного состояния
P7	ПР3	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование анизотропных магнетиков для цифровых приборов
P8	ПР4	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование фотоэлементов, светодиодов
P9	ПР5	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В2;ОПК-7-В1;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование эффективности многоплочных солнечных элементов
P10	ПР6	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В1;ОПК-3-В2;УК-2-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование приборов магнитоэлектроники на основе GMR и TMR

P11	ПР7	ОПК-7-У1;ОПК-7-У2;ОПК-7-В1;ОПК-7-В2;ОПК-3-У1;ОПК-3-У2;ОПК-3-В2;ОПК-3-В1;УК-2-В1;ПК-2-У2;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-У2;ПК-3-В1;ПК-3-В2	Моделирование логических электронных компонентов: -магнитный биполярный диод (МВД); -магнитный биполярный транзистор (МВТ)
-----	-----	---	--

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)

По дисциплине предусмотрен зачет с оценкой. Основной вклад в оценку дает выполнение и защита лабораторных работ, промежуточной курсовой работы и выполнение зачетных домашних работ.

Билеты к зачету содержат один вопрос и одну задачу. Задачи являются типовыми, аналогичные задачи решались в ходе выполнения домашних работ.

Распределение окончательной оценки следующее:

- выполнение домашних работ - 10%
- выполнение и защита лабораторных работ - 30%
- выполнение и представление курсовой работы - 20%
- зачетные вопросы - 40%

Критерии оценки:

«отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике (выполнение и защита лабораторных работ), грамотно и логически стройно излагает материал при ответе.

«хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;

«удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

«неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Розин К. М., Закутайлов К. В.	Моделирование физических и технологических процессов: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.2	Юрчук С. Ю., Орлова М. Н.	Основы математического моделирования: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.3	Никоненко В. А., Кузнецов Г. Д.	Математическое моделирование технологических процессов: Моделирование в среде MathCAD: Практикум для студ. спец. 550700 и 200100	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2001

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ананьев В. А.	Анализ экспериментальных данных: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2009
Л2.2	Костюкова Н. И.	Основы математического моделирования	Электронная библиотека	Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2008
Л2.3	Пименов В. Г., Ложников А. Б.	Численные методы: учебное пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Вонсовский С. В.	Магнетизм: магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферримагнетиков: монография	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1971
Л2.5	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.6	Сушков В. П., Кузнецов Г. Д., Рабинович О. И.	Микроэлектроника. Компьютерное моделирование параметров полупроводниковых компонентов микроэлектроники: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л2.7	Сёмина Г. М., Данченков И. В.	Высшая математика. Ряды Фурье. Преобразование Фурье (N 2975): практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Alexander A. Ignatiev. Magnetolectronics of Microwaves and Extremely High Frequencies in Ferrite Films [Book]. – Springer Science+Business Media, 2009. – 333 p. – Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". — URL: https://doi.org/10.1007/978-0-387-85457-1_1	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-85457-1_1
Э2	Johnson M. Magnetolectronics [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/magnetolectronics
Э3	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
Э4	Королёв, М.А. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем : В 2-х ч / М.А. Королёв, Т.Ю. Крупкина, М.А. Ревелева ; ред. Ю.А. Чаплыгин. – 3-е изд. (эл.). – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – Ч. 1. – 400 с. – Режим доступа: по подписке для студентов НИТУ "МИСиС". – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222826	http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=222826
Э5	Мочалов В.Д. Магнитная микроэлектроника. - Москва: Сов. радио, 1977. - 366с. - Режим доступа: Режим доступа: Открытый доступ с ID-адресов НИТУ "МИСиС". - URL: https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_5739d24579a8160fc072a2ba95464b5b/	https://rusneb.ru/catalog/010003_000061_5739d24579a8160fc072a2ba95464b5b/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Visual Studio 2015
П.2	Microsoft Office
П.3	LMS Canvas
П.4	MATLAB

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/)

И.6	Электронный курс на платформе LMS CANVAS
-----	--

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
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.
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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Расчетно-графические работы 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/>. 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.