

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 28.04.2023 15:37:05

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)

Simulation methods/ Моделирование и проектирование микро- и наносистем

Закреплена за подразделением

Кафедра технологии материалов электроники

Направление подготовки

28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА

Профиль

Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

36

курсовая работа 3

самостоятельная работа

81

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	81	81	81	81
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, доцент, Рабинович Олег Игоревич

Рабочая программа

Simulation methods/ Моделирование и проектирование микро- и наносистем

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 28.04.01 НАНОТЕХНОЛОГИИ И МИКРОСИСТЕМНАЯ ТЕХНИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, 28.04.01-МНТМ-22-2А.plx Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, Nanotechnology and Materials for Micro- and Nanosystems/Нанотехнологии, материалы микро- и наносистемной техники, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра технологии материалов электроники

Протокол от 21.06.2022 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.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Foreign Language (English / Russian) / Иностранный язык (Английский / Русский)	
2.1.2	Modern methods of structural characterisation of micro- and nano-systems/Современные методы диагностики и исследования материалов, нано- и микросистем	
2.1.3	Photovoltaic materials / Материалы фотовольтаики	
2.1.4	Physics & Engineering of magnetic nanomaterials, micro- and nanosystems / Физика и инженерия магнитных материалов, микро- и наносистем	
2.1.5	Research practice/Научно-исследовательская практика	
2.1.6	Synthesis of nanomaterials and heterostructures / Методы синтеза наноматериалов и гетероструктур	
2.1.7	Technology and Materials of Quantum Electronics / Технологии и материалы квантовой электроники	
2.1.8	Методы исследования материалов	
2.1.9	Технологии получения материалов	
2.1.10	Innovative IT: Trends and Perspectives / Инновационные информационные технологии: тренды и перспективы	
2.1.11	Management of Quality / Менеджмент качества	
2.1.12	Metal-carbon nanocomposites/Металлугле-родные композиционные наноматериалы	
2.1.13	Project Management / Управление проектами	
2.1.14	Spintronics materials and devices / Материалы и элементы спинтроники	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций	
Знать:	
ПК-2-31	Технический английский язык
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство	
Знать:	
ПК-1-31	Методы физико-технологического моделирования
ОПК-5: Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования, разработки и проектирования объектов, систем и процессов	
Знать:	
ОПК-5-31	Возможности моделирования для определения параметров материалов
ПК-4: Способен формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники	
Знать:	
ПК-4-31	Особенности оборудования роста гетерокомпозиций
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций	
Знать:	
ПК-2-33	Разрабатывать элементную базу изделия (операционные, маршрутные и контрольные карты)
ПК-2-32	Методы физико-технологического моделирования процессов и изделий нанoeлектроники

УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Знать:
УК-1-31 сложные инженерные объекты, процессы и системы в междисциплинарном контексте
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Знать:
УК-2-31 Особенности параметров современных наносистем
ПК-4: Способен формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Уметь:
ПК-4-У1 Анализировать наиболее эффективные методы контроля параметров и свойств формируемых наноразмерных объектов.
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций
Уметь:
ПК-2-У1 Выбрать необходимый материал для достижения желаемых параметров приборов
УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий
Уметь:
УК-1-У1 критически анализировать проблемные ситуации на основе системного подхода
ОПК-5: Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования, разработки и проектирования объектов, систем и процессов
Уметь:
ОПК-5-У1 Корректировать свойства материалов на основе компьютерного моделирования
УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
Уметь:
УК-2-У1 Выбрать оптимальный метод достижения необходимых свойств микросистем
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Уметь:
ПК-1-У1 Определять цели, постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения
ПК-2: Способен оптимизировать параметры технологических операций
Владеть:
ПК-2-В1 Методами выбора оптимальной технологии производства
ПК-4: Способен формулировать цели и задачи научных исследований, реализовывать их внедрение в области материаловедения и технологии материалов для микро- и наносистем в соответствии с тенденциями и перспективами развития микро- и наносистемной техники, энергосберегающих технологий и использованием последних достижений науки и техники
Владеть:
ПК-4-В1 Методом выбора материала и необходимой технологии его изготовления при конструировании конкретного типа прибора с заданными характеристиками.
ПК-1: Способен разрабатывать технологические процессы и внедрение их в производство
Владеть:
ПК-1-В1 Пониманием основных технологических процессов, с помощью которых в настоящее время создаются низкоразмерные тонкие плёнки и гетероструктуры неорганических полупроводниковых материалов

ОПК-5: Способен использовать инструментарий формализации инженерных, научно-технических задач, прикладное программное обеспечение для моделирования, разработки и проектирования объектов, систем и процессов

Владеть:

ОПК-5-В1 Методикой моделирования параметров гетероструктур и приборов на их основе

УК-1: Способен осуществлять критический анализ новых и сложных инженерных объектов, процессов и систем в междисциплинарном контексте, проблемных ситуаций на основе системного подхода, выбрать и применить наиболее подходящие и актуальные методы из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий

Владеть:

УК-1-В1 актуальными методами из существующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов или новых и инновационных методов, вырабатывать стратегию действий

УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

Владеть:

УК-2-В1 Аналитическими методиками обобщения результатов моделирования

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/	3	4	УК-2-31 ОПК-5-31 УК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.2Л3. 2 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
1.2	Проработка лекционного материала для практических работ /Ср/	3	10	ОПК-5-У1 ПК-2-32 ПК-4-У1 ПК-4-В1 ПК-1-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/	3	10	ОПК-5-В1 ПК-2-33 ПК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
1.4	Выполнение контрольной работы 1 /Пр/	3	6	УК-2-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2. 1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ2	
1.5	Основные типы современных приборов для оптоэлектроники и силовой электроники /Лек/	3	5	ПК-2-31 УК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л3. 2 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		

1.6	Проработка лекционного материала для практических работ /Ср/	3	10	УК-2-У1 ОПК-5-У1	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 /Лек/	3	4	ПК-4-31 УК-1-У1	Л1.1 Л1.2Л3.2Л2.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.2	Проработка лекционного материала для практических работ /Ср/	3	10	УК-2-В1 ПК-1-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/	3	10	ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2.1 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		
2.4	Выполнение контрольной работы 2 /Пр/	3	6	УК-2-В1 ОПК-5-У1 ПК-2-32	Л1.1 Л1.2Л2.2Л2.1 Э3	Методические указания по решения задач на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)	КМ3	
2.5	Модели приборов на основе наногетероструктур /Лек/	3	5	ПК-2-В1 ПК-4-В1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.1 Э1	Занятия проводятся в аудитории, оборудованной ТСО.		
2.6	Проработка лекционного материала для практических работ /Ср/	3	11	ПК-2-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.2 Э3	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		

2.7	Подготовка и выполнение Курсовой работы /Ср/	3	20	ПК-2-В1 ПК-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/	3	6	ПК-2-33 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1Л2.2 Э2	Методические указания на электронном и бумажном носителе (присутствуют на кафедре)		Р1

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	Экзамен	ОПК-5-31;ОПК-5-В1;УК-2-31;УК-2-У1;ОПК-5-У1;УК-2-В1;УК-1-31;УК-1-У1;УК-1-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-У1;ПК-2-31;ПК-2-В1;ПК-4-31;ПК-4-В1;ПК-4-У1	<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 отсутствие дисперсии. Энергия поля в диспергирующих средах. Пространственная дисперсия.</p> <p>Поляризация световых волн. Поляризация монохроматических плоских волн.</p>
КМ2	Контрольная работа 1	ОПК-5-В1;УК-2-У1	<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?</p> <p>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>

КМЗ	Контрольная работа 2	УК-2-В1;ОПК-5-У1;ПК-2-32	<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	ПК-2-33;ПК-2-В1	<p>Размерное квантование. Двумерные (2D) системы – квантово-размерные ямы в двойных гетероструктурах на основе соединений AlGaInN</p> <p>Соединения АПВ 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 АПВ – 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 АПВ.</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 подвижностью 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 АПВ.</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 Экзамен, 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 экзамена студент должен полностью выполнить учебный план: написать все контрольные работы, выполнить и защитить курсовую работу.

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 Курсовой работы 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 Экзамен формируется как среднеарифметическое за все контрольные работы и Курсовой работы

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, 1976
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 О. И., Крутогин Д. Г., Евсеев В. А.	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 В. П., Кузнецов Г. Д., Рабинович О. И.	Микроэлектроника. Компьютерное моделирование параметров полупроводниковых компонентов микроэлектроники: учеб.-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2005
Л3.2	Сушков В. П., Кузнецов Г. Д., Рабинович О. И.	Конструирование компонентов и элементов микро- и нанoeлектроники. Компьютерное моделирование оптоэлектронных приборов: учебно-метод. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.3	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	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
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.
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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы.

Учебная литература по курсу на английском языке 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.