

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 09.07.2023 19:47:24

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)

# Наноматериалы в современной твердотельной электронике

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Магистр-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.ф.-.м.н., доц., Иржак А.В.*

Рабочая программа

**Наноматериалы в современной твердотельной электронике**

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 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, 22.04.01-ММТМ-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков**

Протокол от 14.06.2022 г., №13-21/22

Руководитель подразделения Оганов А.Р.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ****2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.08
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.1.2	Кристаллы в квантовой электронике	
2.1.3	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.4	Оптические элементы лазерных систем. Часть 1	
2.1.5	Применение лазерных систем	
2.1.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.7	Спектроскопические методы анализа поверхности	
2.1.8	Аттестация и сертификация изделий электронной техники	
2.1.9	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.10	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники	
2.1.11	Новые углеродные материалы	
2.1.12	Оптические явления в кристаллах. Часть 1	
2.1.13	Технология получения кристаллов	
2.1.14	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.3	Технологии получения материалов	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-3: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов, устройств и технологических процессов для создания функциональных материалов, структур и устройств микро- и нанoeлектроники, квантовой фотоники с заданными свойствами и характеристиками</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31	Знать основные принципы выбора материалов для заданных условий эксплуатации
<b>ПК-1: Способен обоснованно использовать знания о типовых технологических процессах, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки материалов и изделий из них</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31	Знать типовые технологические процессы производства и обработки материалов и изделий из них
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-5-31	Знать основные методы оценки результатов научно-технических разработок, научных исследований
<b>ПК-3: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов, устройств и технологических процессов для создания функциональных материалов, структур и устройств микро- и нанoeлектроники, квантовой фотоники с заданными свойствами и характеристиками</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1	Уметь проводить выбор материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
<b>ПК-1: Способен обоснованно использовать знания о типовых технологических процессах, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки материалов и изделий из них</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У1	Уметь обоснованно использовать знания о типовых технологических процессах производства и обработки материалов и изделий из них

<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-5-У1 Уметь оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
<b>ПК-3: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов, устройств и технологических процессов для создания функциональных материалов, структур и устройств микро- и нанoeлектроники, квантовой фотоники с заданными свойствами и характеристиками</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 Владеть навыками выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований надежности и долговечности, экономичности и экологических последствий их применения
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-5-В1 Владеть навыками оценки результатов научно-технических разработок, научных исследований и обоснования собственного выбора, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов, смежных областях
<b>ПК-1: Способен обоснованно использовать знания о типовых технологических процессах, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки материалов и изделий из них</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Владеть навыками обоснованного использования знаний о типовых технологических процессах
ПК-1-В2 Владеть навыками разработки технологических процессов производства и обработки материалов и изделий из них

#### 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
	<b>Раздел 1. Введение. Классификация наноматериалов</b>							
1.1	Исторический экскурс; Классификация наноматериалов; Основные тенденции в развитии твердотельной электроники: поиск новых материалов и новых принципов конструирования приборов. Нанoeлектроника. Области применения квантоворазмерных структур. Основные преимущества приборов на основе квантоворазмерных структур по сравнению с классическими полупроводниковыми приборами /Пр/	3	4	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	
1.2	Освоение теоретического материала; Подготовка к практическим занятиям; Сбор материала для написания реферата и написание реферата /Ср/	3	14	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.5 Л1.6 Л1.7Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			Р1

	<b>Раздел 2. Физические принципы нанoeлектроники</b>								
2.1	<p>Наноструктуры и наноматериалы. Принцип квантования и квантовое ограничение: структуры с двумерным электронным газом (квантовые ямы), структуры с одномерным электронным газом (квантовые нити), структуры с нульмерным электронным газом (квантовые точки). Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров: фазовая интерференция электронных волн, квантовый эффект Холла, приборы на интерференционных эффектах (интерференционные транзисторы, полевые транзисторы на отражённых электронах). Туннелирование носителей заряда. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешётки. Одноэлектронное туннелирование. Приборы на одноэлектронном туннелировании (одноэлектронный транзистор, логические элементы на одноэлектронных транзисторах. Проблемы и ограничения). Резонансное туннелирование. Приборы на резонансном туннелировании (диоды на резонансном туннелировании, транзисторы на резонансном туннелировании, логические элементы на резонансно-туннельных приборах). Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Спинзависимое туннелирование. Спинтронные приборы /Пр/</p>	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.1 Э1		КМ1		
2.2	<p>Освоение теоретического материала;          Подготовка к практическим занятиям;          Сбор материала для написания реферата и          написание реферата /Ср/</p>	3	16	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7Л2.1 Э1			Р1	

	<b>Раздел 3. Технология создания твёрдых наноструктур</b>							
3.1	Традиционные методы осаждения плёнок. Методы, использующие сканирующие зонды. Нанолитография. Сравнение нанолитографических методов /Пр/	3	6	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1Л3.1 Э1		КМ1	
3.2	Освоение теоретического материала; Подготовка к практическим занятиям; Сбор материала для написания реферата и написание реферата /Ср/	3	16	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.2 Л1.3 Л1.5Л2.1Л3.1 Э1			Р1
	<b>Раздел 4. Методы и приборы для анализа геометрических параметров и размеров наночастиц</b>							

4.1	<p>Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Основные принципы электронно-зондового анализа и взаимодействие электронного пучка с образцом. Схема РЭМ и особенности формирования изображения. Виды контраста в РЭМ. Разрешающая способность и качество изображения. Дополнительная обработка сигнала в РЭМ для получения информации. Подготовка образцов различных материалов для исследования с помощью РЭМ. Области применений. Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и атомно-силовой микроскопы. Принципы построения и работы приборов. Режимы работы СТМ и АСМ. Дополнительные возможности сканирующей зондовой микроскопии. Применение метода для определения шероховатости сверхгладких поверхностей. Трансмиссионная электронная микроскопия для определения геометрических параметров и размеров наночастиц. Сравнительный анализ возможностей методов микроскопии для изучения наноструктур и наночастиц. Рассеяние рентгеновских лучей под малыми углами. Исследование структуры полимеров и биологических объектов, определение размеров коллоидных частиц. Метод рентгеновской рефлектометрии для определения толщины, шероховатости поверхности, плотности и пористости наноразмерных пленок /Пр/</p>	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1		КМ1	
4.2	<p>Освоение теоретического материала; Подготовка к практическим занятиям; Сбор материала для написания реферата и написание реферата /Ср/</p>	3	14	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.3Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			Р1

	<b>Раздел 5. Применение наноматериалов в приборах в микро- и нанoeлектронике, фотонике, МЭМС</b>							
5.1	Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприёмники на квантовых ямах /Пр/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.1 Э1		КМ1	
5.2	Освоение теоретического материала; Подготовка к практическим занятиям; Сбор материала для написания реферата и написание реферата /Ср/	3	14	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.1 Э1			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	Защита реферата	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Требования и рекомендации к оформлению реферата: 1. Реферат – оригинальное произведение, основанное на общедоступных источниках. 2. Количество источников в реферате должно быть не менее 10. Если источник взят из сети Интернет, в списке использованных источников следует указывать полностью адрес страницы и дату обращения. 3. Прямые цитаты в тексте должны быть помещены в двойные кавычки («» или ""), в конце цитаты ставится номер ссылки в списке использованных источников. 4. Количество оригинального текста должно быть более 1/2 от объема реферата. Объем заимствований проверяется в системе «Антиплагиат МИСиС». 5. Количество процитированного текста на странице не должно быть более чем 1/2 страницы. 6. Реферат должен состоять из следующих разделов: - Титульный лист - Введение (актуальность, постановка задачи) - Основная часть - Заключение (выводы)

#### 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	Реферат	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Примерные темы рефератов: 1. Получение поликристаллического кремния 2. Получение монокристаллического кремния 3. Свойства монокристаллического кремния 4. Получение поликристаллического германия. 5. Получение монокристаллического германия 6. Свойства монокристаллического германия. 7. Получение поликристаллического арсенида галлия. 8. Получение монокристаллического арсенида галлия 9. Свойства монокристаллического арсенида галлия 10. Примеси в полупроводниковых материалах. Преципитаты. 11. Кристаллические дефекты в монокристаллах 12. Механическая обработка полупроводниковых монокристаллических слитков 13. Обработка поверхности пластин 14. Качество поверхности полупроводниковых пластин 15. Требования к чистоте помещений. 16. Легирование полупроводниковых материалов 17. Способы получения p-n перехода 18. Термообработка полупроводниковых материалов 19. Эпитаксия. 20. Тонкопленочные технологии
----	---------	--	---

### 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)

Студент получает оценку за зачет на основании средней оценки по всем работам, выполняемым в течении семестра (опросы на занятиях, реферат, защита реферата), по следующей методике:

"отлично" - более 85 %;

"хорошо" - от 75% до 85 %;

"удовлетворительно" - от 50 % до 75 %;

"неудовлетворительно" - менее 50 % либо при невыполнении хотя бы одной работы из перечня работ по дисциплине.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Троян П. Е., Сахаров Ю. В.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010
Л1.2	Драгунов В. П., Остертак Д. И.	Микро- и нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012
Л1.3	Борисенко В. Е.	Нанoeлектроника: теория и практика: учебник	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.4	Шишкин Г. Г., Агеев И. М.	Нанoeлектроника: элементы, приборы, устройства: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л1.5	Педос С. И., Шугаев В. А.	Теория формирования покрытий. Методы получения покрытий: учеб. пособие для студ. вузов напр. Металлургия	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л1.6	Ковалев А. Н.	Гетероструктурная нанoeлектроника: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2009
Л1.7	Агеев И. М., Шишкин Г. Г.	Нанoeлектроника: элементы, приборы, устройства: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2020

<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Зебрев Г. И.	Физические основы кремниевой наноэлектроники: учебное пособие для вузов	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.2	Бублик В. Т., Зимичева Г. М.	Методы исследования структуры полупроводников.: Электронография. Рентгеновская и электронная микроскопия: лаб. практикум для студ. спец. 0604, 0629, 0643	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Сигов А. С.	Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур: лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017

**6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Э1	Сайт нанотехнологического сообщества Нанометр <a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>	<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a>		
----	---	---	--	--

**6.3 Перечень программного обеспечения**

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

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных****7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
К-406	Учебная аудитория	лабораторные установки для измерения: времени жизни неосновных носителей заряда в полупроводниках (с ПК и пакетом лицензионных прикладных программ); удельного электрического сопротивления полупроводников четырехзондовым методом (с ПК и пакетом прикладных программ); механических характеристик кристаллов; термоэлектрических свойств (с ПК и пакетом прикладных программ); удельного электрического сопротивления полупроводников двухзондовым методом (с ПК и пакетом прикладных программ); атомно-силовой и туннельный микроскоп (2 шт.) с ПК и пакетом прикладных программ; лабораторный стенд для определения ширины запрещенной зоны полупроводников и температурного коэффициента сопротивления металлов, лабораторный стенд для измерения эффекта Холла, лабораторный стенд для изучения влияния термодоноров на электропроводность полупроводников; набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, мультимедийная панель с ПК, комплект учебной мебели

Б-010	Центр коллективного пользования "Материаловедение и металлургия":	сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-6700F; сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-6480 LV (+EDS; +EBSD; +Lithography); электронный же-спектрометр PHI-680 Physical electronics; просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F (+EDS)
К-417	Научно-исследовательская лаборатория получения тонких пленок методом магнетронного напыления:	комплекс оборудования для послеростовой подготовки поверхности, установка магнетронного напыления Sunpla 40TM, оптический микроскоп ZEISS, система оптических исследований пленок (эллипсомер) Альфа-SE, настольная установка магнетронного напыления Denton Vacuum

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Проведение практических занятий осуществляется исключительно в аудиториях, обеспеченных мультимедийным оборудованием, с возможностью показа презентаций и видеофильмов.

Проведение практических занятий может производиться с использованием технологического и исследовательского оборудования соответствующих лабораторий.

Практические занятия должны быть нацелены на изучение особенностей реального технологического и исследовательского оборудования, особенностей и технологических ограничений, а также способов их преодоления.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- при проведении практических занятий допускается использование проприетарного ПО, входящего в состав технологического и исследовательского оборудования.

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.

Подготовка к контрольным работам проводится в часы самостоятельной работы и, при необходимости, в часы консультаций лектора.

По курсу предусмотрен зачет с оценкой. Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется путем индивидуального опроса и тестирования студентов во время практических занятий, подготовки и написания реферата. Материалы курса (презентации лекций, рекомендуемая литература, видеоматериалы и др.) приводятся в системе LMS Canvas по мере освоения дисциплины.

Перед началом занятий студенты получают график выдачи и сдачи реферата.

Рекомендуется на каждом практическом занятии проводить экспресс опрос (с постановкой оценки) либо тестирование по пройденной теме, с целью установления усвояемости дисциплины.

Рекомендуется проведение защиты реферата в виде краткого доклада с предоставлением иллюстративного материала (презентации) и совместного обсуждения доклада.

Требования и рекомендации к оформлению реферата:

1. Реферат – оригинальное произведение, основанное на общедоступных источниках.
2. Количество источников в реферате должно быть не менее 10. Если источник взят из сети Интернет, в списке использованных источников следует указывать полностью адрес страницы и дату обращения.
3. Прямые цитаты в тексте должны быть помещены в двойные кавычки («» или ""), в конце цитаты ставится номер ссылки в списке использованных источников.
4. Количество оригинального текста должно быть более 1/2 от объема реферата. Объем заимствований проверяется в системе «Антиплагиат МИСиС».
5. Количество процитированного текста на странице не должно быть более чем 1/2 страницы.
6. Реферат должен состоять из следующих разделов:
  - Титульный лист
  - Введение (актуальность, постановка задачи)
  - Основная часть
  - Заключение (выводы)
  - Список использованных источников
7. Реферат должен раскрывать тему полностью и не содержать лишней информации.
8. Объем не должен быть меньше 7 и не больше 15 листов А4 вместе с титульным листом. Шрифт 12-14 Times New Roman; полуторный межстрочный интервал; абзац 1,25 см; выравнивание текста - по ширине страницы; выравнивание заголовков – по центру страницы; поля сверху и снизу - 2 см, справа – 1,5 см, слева – 3 см.