

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:46

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)

Функциональные материалы электроники

Закреплена за подразделением

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

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

51

самостоятельная работа

57

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.ф.-.м.н., ст.преп., Турутин Андрей Владимирович

Рабочая программа

Функциональные материалы 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 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-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:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра материаловедения полупроводников и диэлектриков

Протокол от 21.06.2023 г., №12-22/23

Руководитель подразделения Оганов А.Р.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций, в соответствие с учебным планом, сформировать у обучающегося набор знаний о физических основах поведения электронов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, об особенностях электронных свойств материалов пониженной размерности и методах получения и исследования наноматериалов.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.23
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Материалы для биомедицины	
2.1.2	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.3	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.4	Мехатроника	
2.1.5	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.6	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.7	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.8	Физика и техника высоких давлений	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.2.2	Дифракционные и микроскопические методы	
2.2.3	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.2.4	Кристаллы в квантовой электронике	
2.2.5	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.2.6	Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов	
2.2.7	Огнеупорные материалы	
2.2.8	Оптические элементы лазерных систем	
2.2.9	Основы физической, биоорганической и коллоидной химии	
2.2.10	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы	
2.2.11	Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции	
2.2.12	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.2.13	Алмазные поликристаллические материалы	
2.2.14	Гибридные наноструктурные материалы	
2.2.15	Магнитные свойства функциональных материалов	
2.2.16	Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки	
2.2.17	Медицинская химия	
2.2.18	Металловедение реакторных материалов	
2.2.19	Нелинейные кристаллы	
2.2.20	Солнечная энергетика	
2.2.21	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.22	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.23	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.24	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.25	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.26	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.27	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.28	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения

Знать:

ПК-5-31 Знать нормативные требования к оформлению научно-технической, проектной и служебной документации, к

оформлению научно-технических отчетов, обзоров, публикаций, рецензий Знать основные стадии технологического цикла изготовления полупроводниковых приборов Демонстрировать глубокое знание и понимание фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях профессиональной деятельности
Уметь:
ПК-5-У1 Уметь читать технологическую документацию Уметь оценивать критические стадии операций технологического цикла Интерпретировать и проверять на корректность данные, полученные в ходе реального эксперимента и математического моделирования
Владеть:
ПК-5-В1 Представлять научно-технические отчеты в соответствии с требованиями ГОСТ и других нормативных актов Владеть навыками использования современных профессиональных баз данных, информационных справочных и поисковых систем Применять фундаментальные знания в междисциплинарных областях профессиональной деятельности

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. Классификация функциональных материалов электроники. Типы химической связи.							
1.1	История развития элементной базы электроники. Закон Мура. Классификация материалов электроники по удельному сопротивлению. Типы химической связи. Энергия связи. /Лек/	8	2	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.2Л3.3 Э1		КМ1	Р1
1.2	Освоение теоретического материала раздела 1. /Ср/	8	6	ПК-5-31	Л1.2 Э1		КМ1	Р1
	Раздел 2. Основы квантовой механики электрона.							
2.1	Волновая функция. Операторы физических величин. Уравнение Шредингера. Электрон в свободном пространстве, в одномерной потенциальной яме, в гармоническом потенциале. /Лек/	8	4	ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1Л2.1 Э1		КМ1	Р2
2.2	Освоение теоретического материала раздела 2. /Ср/	8	2	ПК-5-31	Л1.1Л2.1 Э1		КМ1	Р2
	Раздел 3. Электронная структура твердых тел.							
3.1	Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. Метод сильной связи. Зонная структура одномерной атомной цепочки, двумерной квадратной решетки, трехмерной кубической решетки. /Лек/	8	2	ПК-5-В1 ПК-5-31	Л3.3Л2.2		КМ1	Р1,Р2

3.2	Уравнение Шредингера для твердого тела. Одноэлектронное приближение. Метод сильной связи. Зонная структура одномерной атомной цепочки, двумерной квадратной решетки, трехмерной кубической решетки. /Пр/	8	1	ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-5-31	Л3.3Л2.2Л3.1		КМ1	Р1
3.3	Освоение теоретического материала раздела 3. /Ср/	8	6	ПК-5-31 ПК-5-В1	Л3.3Л2.2Э1		КМ1	Р1,Р2
	Раздел 4. Колебания кристаллической решетки. Фононы.							
4.1	Потенциальная энергия кристалла. Колебания линейной атомной цепочки с одним и двумя типами атомов. Акустические и оптические ветви колебаний. Спектры колебаний трехмерных кристаллов. Фононы. /Лек/	8	4	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л3.3Л2.2		КМ1	Р2
4.2	Потенциальная энергия кристалла. Колебания линейной атомной цепочки с одним и двумя типами атомов. Акустические и оптические ветви колебаний. Спектры колебаний трехмерных кристаллов. Фононы. /Пр/	8	1	ПК-5-31	Л3.3Л2.2Л3.1		КМ1	Р2
4.3	Освоение теоретического материала раздела 4. /Ср/	8	2	ПК-5-31	Л3.3Л2.2Э1		КМ1	Р2
	Раздел 5. Электропроводность металлов.							
5.1	Электропроводность. Теория металлов Друде. Квантовая теория металлов. Энергия и скорость Ферми. Механизмы рассеяния электронов в металле. Температурная зависимость сопротивления металлов. /Лек/	8	2	ПК-5-31	Л3.3Л2.2		КМ1	Р3
5.2	Электропроводность. Теория металлов Друде. Квантовая теория металлов. Энергия и скорость Ферми. Механизмы рассеяния электронов в металле. Температурная зависимость сопротивления металлов. /Пр/	8	3	ПК-5-В1 ПК-5-У1	Л3.3Л2.2Л3.1		КМ1	Р3
5.3	Освоение теоретического материала раздела 5. /Ср/	8	6	ПК-5-31	Л3.3Л2.2Э1		КМ1	Р3
	Раздел 6. Полупроводниковые материалы.							

6.1	Электронная зонная структура полупроводников. Запрещенная зона. Электроны и дырки. Собственные и примесные полупроводники. Эффективные массы носителей заряда. Плотность электронных состояний. Концентрация носителей заряда. Подвижность носителей заряда. Механизмы рассеяния носителей в полупроводниках. Оптическое поглощение в полупроводниках. /Лек/	8	4	ПК-5-31 ПК-5-В1	Л1.3Л2.2		КМ1	Р4
6.2	Электронная зонная структура полупроводников. Запрещенная зона. Электроны и дырки. Собственные и примесные полупроводники. Эффективные массы носителей заряда. Плотность электронных состояний. Концентрация носителей заряда. Подвижность носителей заряда. Механизмы рассеяния носителей в полупроводниках. Оптическое поглощение в полупроводниках. /Пр/	8	1	ПК-5-31 ПК-5-У1	Л1.3Л2.2Л3.1		КМ1	Р4
6.3	Освоение теоретического материала раздела 6. /Ср/	8	2	ПК-5-31 ПК-5-У1	Л1.3Л2.2 Э1		КМ1	Р4
	Раздел 7. Поляризация диэлектриков.							
7.1	Электронная структура диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Упругая и тепловая поляризация. Уравнение Клаузиуса-Мосотти. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. /Лек/	8	2	ПК-5-31	Л3.3Л2.2		КМ1	Р5
7.2	Электронная структура диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Упругая и тепловая поляризация. Уравнение Клаузиуса-Мосотти. Частотная зависимость диэлектрической проницаемости. /Пр/	8	2	ПК-5-У1	Л3.3Л2.2		КМ1	Р5
7.3	Освоение теоретического материала раздела 7. /Ср/	8	6	ПК-5-В1 ПК-5-У1	Л3.3Л2.2 Э1		КМ1	Р5
	Раздел 8. Наноматериалы и размерные эффекты.							

8.1	Размерные эффекты. Характерные размеры. Классификация низкоразмерных систем. Электронные уровни и плотность электронных состояний в низкоразмерных системах. /Лек/	8	4	ПК-5-31 ПК-5- В1	Л1.4 Л1.5Л2.3		КМ1	Р6
8.2	Размерные эффекты. Характерные размеры. Классификация низкоразмерных систем. Электронные уровни и плотность электронных состояний в низкоразмерных системах. /Пр/	8	1	ПК-5-31	Л1.4 Л1.5Л2.3Л3. 2		КМ1	Р6
8.3	Освоение теоретического материала раздела 8. /Ср/	8	6	ПК-5-31	Л1.4 Л1.5Л2.3 Э1		КМ1	Р6
	Раздел 9. Двумерные материалы. Полупроводниковые гетероструктуры.							
9.1	Двумерный электронный газ. Полупроводниковые гетеропереходы. Энергетические зоны в гетеропереходах. Требования к материалам, образующим гетеропереход. Гетеропереходы с селективным легированием. Гетероструктуры. Волноводный эффект. /Лек/	8	2	ПК-5-31 ПК-5- У1 ПК-5-В1	Л1.3 Л1.5Л2.3		КМ1	Р7
9.2	Двумерный электронный газ. Полупроводниковые гетеропереходы. Энергетические зоны в гетеропереходах. Требования к материалам, образующим гетеропереход. Гетеропереходы с селективным легированием. Гетероструктуры. Волноводный эффект. /Пр/	8	2	ПК-5-31	Л1.3 Л1.5Л2.3Л3. 2		КМ1	Р7
9.3	Освоение теоретического материала раздела 9. /Ср/	8	3	ПК-5-В1 ПК-5- -31	Л1.3 Л1.5Л2.3 Э1		КМ1	Р7
	Раздел 10. Двумерные слоистые материалы.							

10.1	Графен. Кристаллическая структура графена. Методы синтеза графена. Электронная структура графена. Электропроводность графена. Оптические свойства графена. Комбинационное рассеяние света в графене. Дефекты в графене. Дихалькогениды переходных металлов. Слоистые соединения III-VI. /Лек/	8	4	ПК-5-31 ПК-5-У1	Л1.5 Л1.6Л2.3		КМ1	Р8
10.2	Графен. Кристаллическая структура графена. Методы синтеза графена. Электронная структура графена. Электропроводность графена. Оптические свойства графена. Комбинационное рассеяние света в графене. Дефекты в графене. Дихалькогениды переходных металлов. Слоистые соединения III-VI. /Пр/	8	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.5 Л1.6Л2.3Л3.2		КМ1	Р8
10.3	Освоение теоретического материала раздела 10. /Ср/	8	6	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.5 Л1.6Л2.3 Э1		КМ1	Р8
	Раздел 11. Одномерные материалы. Углеродные нанотрубки.							
11.1	Структура и типы углеродных нанотрубок. Индексы и вектор хиральности. Электронная структура углеродных нанотрубок. Особенности Ван Хофа. Оптическое поглощение нанотрубок. Комбинационное рассеяние света в углеродных нанотрубках. Методы синтеза и разделения углеродных нанотрубок. /Лек/	8	2	ПК-5-31	Л1.5 Л1.6Л2.3		КМ1	Р9
11.2	Структура и типы углеродных нанотрубок. Индексы и вектор хиральности. Электронная структура углеродных нанотрубок. Особенности Ван Хофа. Оптическое поглощение нанотрубок. Комбинационное рассеяние света в углеродных нанотрубках. Методы синтеза и разделения углеродных нанотрубок. /Пр/	8	2	ПК-5-31 ПК-5-В1	Л1.5 Л1.6Л2.3Л3.2		КМ1	Р9
11.3	Освоение теоретического материала раздела 11. /Ср/	8	6	ПК-5-31 ПК-5-У1	Л1.5 Л1.6Л2.3 Э1		КМ1	Р9

	Раздел 12. Нульмерные структуры. Наночастицы. Квантовые точки и кластеры.							
12.1	Классификация наночастиц. Оптические свойства квантовых точек. Поверхность наночастиц. Методы синтеза квантовых точек. Металлические кластеры. Магические числа. Модель "желе" для металлических кластеров. Определение атомной структуры кластеров. /Лек/	8	2	ПК-5-31 ПК-5-У1	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.3		КМ1	Р10
12.2	Классификация наночастиц. Оптические свойства квантовых точек. Поверхность наночастиц. Методы синтеза квантовых точек. Металлические кластеры. Магические числа. Модель "желе" для металлических кластеров. Определение атомной структуры кластеров. /Пр/	8	1	ПК-5-31	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.3Л3. 2		КМ1	Р10
12.3	Коллоквиум /Пр/	8	2	ПК-5-31			КМ1	Р10
12.4	Освоение теоретического материала раздела 12. /Ср/	8	6	ПК-5-В1	Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.3 Э1		КМ1	Р10

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	Коллоквиум	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	<p>Типы химической связи. Волновая функция электрона. Операторы физических величин. Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные и нестационарные состояния. Решения стационарного уравнения Шредингера для свободного электрона и электрона в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Уравнение Шредингера для твердого тела. Приближение Борна-Оппенгеймера. Одноэлектронное приближение. Метод сильной связи. Электронная структура молекулы водорода в рамках метода сильной связи. Волновая функция электрона в периодическом потенциале. Электронная структура линейной атомной цепочки с одним атомом в элементарной ячейке в приближении сильной связи. Колебания линейной атомной цепочки с одним атомом в элементарной ячейке и двумя разными атомами в элементарной ячейке. Электропроводность металлов в теории Друде и в квантовой теории. Электронная структура полупроводников. Запрещенная зона. Электроны и дырки. Эффективная масса носителей заряда в полупроводниках. Электропроводность полупроводников. Концентрация и подвижность носителей заряда. Поляризация диэлектриков. Механизмы поляризации. Размерные эффекты. Характерные размеры. Классификация низкоразмерных систем. Особенности электронной структуры низкоразмерных систем. Плотность состояний низкоразмерных систем. Двумерные структуры. Полупроводниковые гетеропереходы и гетероструктуры. Требования к материалам, образующим гетеропереход. Профиль энергетических зон в области контакта различных полупроводников. Методы синтеза графена. Электронная структура и электропроводность графена. Особенности спектров комбинационного рассеяния света графена. Геометрия и виды углеродных нанотрубок. Индексы и вектор хиральности углеродных нанотрубок. Зависимость типа проводимости углеродных нанотрубок от индексов хиральности. Оптическое поглощение углеродных нанотрубок. Особенности спектров комбинационного рассеяния света углеродных нанотрубок. Методы синтеза углеродных нанотрубок. Разделение углеродных нанотрубок по диаметрам и типам проводимости. Нульмерные структуры. Квантовые точки. Оптические свойства квантовых точек. Методы синтеза квантовых точек. Нульмерные структуры. Кластеры. Доля поверхностных атомов. Магические числа. Модель «желе» для металлических кластеров. Нульмерные структуры. Кластеры. Теоретическое определение атомной геометрии кластеров. Локальная оптимизация геометрии. Методы глобальной оптимизации геометрии кластеров.</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	Практическое занятие 1	ПК-5-31	Электронная структура твердых тел.
P2	Практическое занятие 2	ПК-5-У1	Колебания кристаллической решетки. Фононы.
P3	Практическое занятие 3	ПК-5-В1	Электропроводность металлов.
P4	Практическое занятие 4	ПК-5-31;ПК-5-У1	Полупроводниковые материалы.
P5	Практическое занятие 5	ПК-5-31	Поляризация диэлектриков.
P6	Практическое занятие 6	ПК-5-У1	Наноматериалы и размерные эффекты.
P7	Практическое занятие 7	ПК-5-31	Двумерные материалы. Полупроводниковые гетероструктуры.
P8	Практическое занятие 8	ПК-5-У1;ПК-5-В1	Двумерные слоистые материалы.
P9	Практическое занятие 9	ПК-5-В1;ПК-5-У1	Одномерные материалы. Углеродные нанотрубки.
P10	Практическое занятие 10	ПК-5-В1	Нульмерные структуры. Наночастицы. Квантовые точки и кластеры.
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)			
Оценка выставляется по итогам работы обучающегося в течение семестра.			

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Давыдов А. С.	Квантовая механика: учеб. пособие для ун-тов	Библиотека МИСиС	М.: Физматгиз, 1963
Л1.2	Степаненко И. П.	Основы микроэлектроники: Учеб. пособие для вузов по спец. 'Полупроводники и диэлектрики' и 'Полупроводниковые и микроэлектронные приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Сов.радио, 1980
Л1.3	Шалимова К. В.	Физика полупроводников: учебник для вузов по спец. 'Полупроводниковые и микроэлектрон. приборы'	Библиотека МИСиС	М.: Энергия, 1976
Л1.4	Погосов В. В.	Введение в физику зарядовых и размерных эффектов: Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2006
Л1.5	Щука А. А., Сигов А. А.	Нанoeлектроника: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2020
Л1.6	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2021

6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ведринский Р. В.	Квантовая механика: учебник	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009
Л2.2	Байков Ю. А., Кузнецов В. М.	Физика конденсированного состояния: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2020
Л2.3	Илюшин В. А.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Гордиенко А. Б., Кособуцкий А. В., Корабельников Д. В.	Физика конденсированного состояния. Решение задач: учебное пособие	Электронная библиотека	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2011
Л3.2	Звонарев С. В., Кортов В. С., Штанг Т. В.	Моделирование структуры и свойств наносистем: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014
Л3.3	Сарина М. П.	Физика твердого тела: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	scopus.com science.gov sciencedirect.com	scopus.com science.gov sciencedirect.com
----	--	--

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Python
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	scopus.com
И.2	science.gov
И.3	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
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.
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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

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

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами фундаментальных основ электронных и оптических свойств функциональных материалов электроники и нанoeлектроники.

Практические занятия должны быть нацелены на изучение способов прогнозирования свойств функциональных материалов электроники и нанoeлектроники.

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

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);

- 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.

Материалы курса (презентации лекций, рекомендуемая литература, видеоматериалы и др.) приводятся в системе LMS Canvas по мере освоения дисциплины.