Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
к.т.н. Стрельцов С. А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.т.н. Стрельцов С. А.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика полупроводников

Образовательная программа: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, профиль: Микроэлектроника и наноэлектроника

Курс: 3, семестр : 6

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**6**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	6
2	Всего часов	216
3	Всего занятий в контактной форме, час.	88
4	Лекции, час.	50
5	Практические занятия, час.	16
6	Лабораторные занятия, час.	16
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	8
8	из них практической подготовки, час.	32
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	4
11	Самостоятельная работа, час.	128
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	КР контр.
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

ФГОС введен в действие приказом №927 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-5/НА Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
	ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков
Профессиональные компетенции	ПК-6/НА Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
	ПК-6/НА. 1 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-5/НА. 2 Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	
Имеет опыт работы с информационными источниками для научного поиска, содержащего информацию о физических процессах и математических моделях в рамках объектов нанотехнологии и микросистемной техники, с применением компьютерных технологий.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе работы полупроводниковых приборов, являющихся компонентами микросистемной техники и наноэлектроники.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
Умеет соотностить разнородные физичесие явления, происходящие в полупроводниковых приборах, устройствах и установках, и систематизировать их в рамках установленных физических процессов.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК-6/НА. 1 Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов	
Умеет проводить экспериментальные исследования и анализ полупроводниковых материалов, приеняемых в разработке компонентов микро- и наносистемной техники.	Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Симметрия идеальной решетки и дифракция рентгеновских лучей					

1. Кристаллическая решетка. Базис. Кристаллические структуры. Трансляция. Индексы Миллера. Симметрия кристаллической решетки. Обратная решетка. Дифракция рентгеновских лучей в кристаллах.	5	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Динамика кристаллической решетки					
2. Взаимодействие атомов кристаллической решетки. Классическая теория колебаний кристаллической решётки. Квантование колебаний кристаллической решетки. Длинноволновое приближение для акустических и оптических фононов. Фононная теплоемкость кристаллов и тепловое расширение твердых тел	5	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Зоны энергии					
3. Адиабатическое и одноэлектронное приближения. Теорема Блоха. Приближения сильно- и слабосвязанных электронов. Основы k-p теории и метод эффективной массы. Понятие дырки. Структура энергетических зон типичных полупроводников.	5	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Динамика блоховского электрона во внешних полях					
4. Эффективная масса и метод огибающих. Теоремы о скорости и ускорении. Примесные состояния. Экситон.	5	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Статистика равновесных носителей заряда					
5. Металлы, диэлектрики, полупроводники. Вырожденный электронный газ в металлах. Невырожденный электронный газ в полупроводниках	6	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Рассеяние носителей заряда					

6. Кинетическое уравнение Больцмана и приближение времени релаксации. Рассеяние на примесях. Рассеяние на акустических фононах. Рассеяние на оптических фононах. Правило Маттисена и температурное поведение подвижности.	4	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Кинетические явления в полупроводниках					
7. Законы сохранения. Уравнение непрерывности. Проводимость. Диффузия. Термоэлектрический эффект (Эффект Зеебека). ТермоЭДС.	3	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Кинетические явления в магнитном поле					
8. Магнетосопротивление. Эффект Холла.	3	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Оптика полупроводников					
9. Механизмы поглощения света в полупроводниках. Внутризонное поглощение света. Межзонные переходы. Эффект Бурштейна-Мосса. Примесное поглощение. Экситонные эффекты в поглощении.	4	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Оптика полупроводников во внешних полях					
10. Электропоглощение (Эффект Франца-Келдыша). Межзонное поглощение в магнитном поле. Циклотронный (классический и квантовый) и парамагнитный резонанс. Эффект Фарадея.	2	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Неравновесные носители заряда: генерация и рекомбинация					
11. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Уравнение кинетики рекомбинации. Времена жизни. Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация через уровни примесей и дефектов. Центры прилипания. Оже-рекомбинация.	4	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция

Дидактическая единица: Неравновесные носители заряда: диффузия и дрейф					
12. Пространственно-неоднородные неравновесные распределения носителей заряда. Амбиполярная диффузия. Эффект Дембера. Длина диффузии неравновесных носителей заряда.	2	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Фотоэлектрические явления в полупроводниках					
13. Примесная и собственная фотопроводимость. Термостимулированная проводимость. Фоторазогрев носителей заряда. Фотоэлектромагнитный эффект.	2	0	0	ПК-5/НА.2	Лекция

Темы лабораторных работ	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Статистика равновесных носителей заряда					
2. Определение температурной зависимости уровня Ферми методом термоЭДС и эффективной массы носителей заряда	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1	Выполнение лабораторной работы
Дидактическая единица: Кинетические явления в полупроводниках					
1. Исследование температурной зависимости электропроводности и вычисление ширины запрещенной зоны полупроводников	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1	Выполнение лабораторной работы
Дидактическая единица: Неравновесные носители заряда: генерация и рекомбинация					
3. Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1	Выполнение лабораторной работы
4. Температурная зависимость времени жизни неосновных носителей заряда при рекомбинации через локальные уровни	4	4	2	ПК-5/НА.2, ПК-6/НА.1	Выполнение лабораторной работы

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 6					
Дидактическая единица: Симметрия идеальной решетки и дифракция рентгеновских лучей					

1. Симметрия решетки	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Динамика кристаллической решетки					
2. Динамика решётки. Фононы.	2	2	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Зоны энергии					
3. Энергетические зоны	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Статистика равновесных носителей заряда					
4. Примесные состояния и статистика носителей заряда.	2	2	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Кинетические явления в полупроводниках					
5. Время релаксации и кинетические явления.	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Кинетические явления в магнитном поле					
6. Проводимость в магнитном поле и эффект Холла	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Оптика полупроводников					
7. Оптика полупроводников	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Неравновесные носители заряда: генерация и рекомбинация					
8. Генерационно-рекомбинационные явления	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Неравновесные носители заряда: диффузия и дрейф					
9. Диффузия и дрейф	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач
Дидактическая единица: Фотоэлектрические явления в полупроводниках					
10. Фотоэлектрические эффекты	1,5	1,5	0	ПК-5/НА.2	Решение задач

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Определение температурной зависимости уровня Ферми методом термоЭДС и эффективной массы носителей заряда	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение измерений, выбор методики проведения эксперимента для освоения практических навыков экспериментального исследования параметров. Анализ результатов измерений и написание отчета формируют навык работы с информационными источниками, научного поиска и создания научных текстов.

2	Исследование температурной зависимости электропроводности и вычисление ширины запрещенной зоны полупроводников	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение измерений, выбор методики проведения эксперимента для освоения практических навыков экспериментального исследования параметров. Анализ результатов измерений и написание отчета формируют навык работы с информационными источниками, научного поиска и создания научных текстов.
3	Определение диффузионной длины и времени жизни неравновесных носителей заряда в полупроводниках	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение измерений, выбор методики проведения эксперимента для освоения практических навыков экспериментального исследования параметров. Анализ результатов измерений и написание отчета формируют навык работы с информационными источниками, научного поиска и создания научных текстов.
4	Температурная зависимость времени жизни неосновных носителей заряда при рекомбинации через локальные уровни	Лб	Выполняет следующие виды работ: проведение измерений, выбор методики проведения эксперимента для освоения практических навыков экспериментального исследования параметров. Анализ результатов измерений и написание отчета формируют навык работы с информационными источниками, научного поиска и создания научных текстов.
5	Симметрия решетки	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
6	Динамика решётки. Фононы.	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
7	Энергетические зоны	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них

8	Примесные состояния и статистика носителей заряда.	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
9	Время релаксации и кинетические явления.	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
10	Проводимость в магнитном поле и эффект Холла	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
11	Оптика полупроводников	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
12	Генерационно-рекомбинационные явления	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
13	Диффузия и дрейф	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них
14	Фотоэлектрические эффекты	Пр	Выполняет следующие виды работ: анализ данных, формирующий умение соотвносить разнородные явления в полупроводниках и выполнение расчетов с целью освоения навыка построения физических и математических моделей свойств полупроводников и процессов, протекающих в них

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Контрольные работы	ПК-5/НА.2	20	0
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
2	Курсовая работа	ПК-5/НА.2	50	2
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
3	Подготовка к занятиям	ПК-5/НА.2	20	0
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
4	Дополнительная учебная деятельность	ПК-5/НА.2,ПК-6/НА.1	8	0
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				
5	Подготовка к аттестации	ПК-5/НА.2	30	2
: Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	e-mail; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 6		
Лабораторная:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
Контрольные работы:	10	20
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
Курсовая работа: Итого	50	100
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042"		

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля			
		Защита Л/Р	Контр. раб.	Защита КП/КР	Экзамен
ПК-5/НА	ПК-5/НА 2. Умеет строить физические и математические модели моделей, узлов, блоков	+	+	+	+
ПК-6/НА	ПК-6/НА 1. Умеет проводить исследования характеристик электронных приборов	+			

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/210524 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 624 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212255 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Чернышев А. П. Введение в физику полупроводников и нанофизику. Специальный курс физики. Конспект лекций : [учебное пособие] / А. П. Чернышев ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2021.- 80, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000244150

2. Чернышев, А. П. Введение в физику твердого тела и нанофизику. Специальный курс физики. Конспект лекций : учебное пособие / А. П. Чернышев. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152330 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: авториз. пользователей.

3. Сарина М. П. Физика твердого тела : учебное пособие / М. П. Сарина ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, 2017.- 105, [1] с. : ил..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236139

4. Филимонова, Н. И. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Р. П. Дикарева. — Новосибирск : НГТУ, 2016. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118444 (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. Электронно-библиотечная система НГТУ [Электронный ресурс]. - Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011-2017. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/. - Загл. с экрана.

2. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - [Россия], 2010. - Режим доступа: http://e.lanbook.com. - Загл. с экрана.

3. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – Текст : электронный / Учредитель: Общество с ограниченной ответственностью Компания «Ай Пи Ар Медиа». – URL: http://www.iprbookshop.ru/ (дата обращения: 26.02.2021).

4. Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. - Научно-издательский центр Инфра-М, 2011-2017. - Режим доступа: http://znanium.com/. - Загл. с экрана.

5. NSM Archive - Physical Properties of Semiconductors : [website]. – URL: http://www.matprop.ru/ (date of the application: 04.04.2022). – Text : electronic.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : методическое руководство / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Никитин, Т. Ю. Сурнина].- Новосибирск, 2016.- 19, [1] с. : табл..- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234042

2. Заикин А. Д. Квантовая механика и физика твердого тела [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Д. Заикин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2019].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000239210.- Загл. с экрана Рецензируемое электронное учебное издание НГТУ.

3. Христофоров В. В. Физические основы электроники (физика полупроводников) [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. В. Христофоров ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2017].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000233943.- Загл. с экрана.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 MathCAD - это интегрированная система программирования, ориентированная на проведение математических и инженерно-технических расчетов. PTC MathCAD

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

3 пакет программ для численного анализа данных и научной графики OriginLab Corporation Origin

4 НГТУ DiSpace - среда электронного обучения НГТУ

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Проведение лекционных занятий