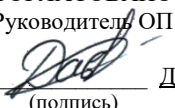




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП

  
(подпись)

Давыденко А.В.  
(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ  
и.о. директора Департамента общей и экспериментальной  
физики

  
(подпись) Короченцев В.В.  
(И.О. Фамилия)

«28» февраля 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Физика сверхбыстродействующих транзисторов для интегральных схем

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Профиль: нанотехнологии в электронике

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и нанoeлектроника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

И.о. директора Департамента общей и экспериментальной физики: канд. хим. наук, доцент  
Короченцев В.В.

Составитель, д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Галкин Н.Г.

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «28» февраля 2023 г. № 5.

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента департамента общей и экспериментальной физики, протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_

## АННОТАЦИЯ

### Физика сверхбыстродействующих транзисторов для интегральных схем

Учебная дисциплина разработана для студентов 4 курса направления подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Нанотехнологии в электронике» в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 ЗЕ (144 час.). Учебным планом предусмотрены лекции (30 часов), практика (30 часов), самостоятельная работа студента - 84 часов (в том числе 27 часов на подготовку к экзамену). Дисциплина «Физика сверхбыстродействующих транзисторов для интегральных схем» входит в вариативную часть цикла дисциплин образовательной программы (раздел – дисциплины по выбору), реализуется на 4 курсе, в 7 семестре, завершается экзаменом.

**Цель.** Изучение физических и технологических аспектов разработки и технологического воплощения сверхбыстродействующих транзисторов, включая транзисторы на горячих носителях и их применения для создания интегральных схем.

#### **Задачи:**

- ознакомить студентов с условиями формирования гетеропереходов и аппаратом для вычисления их характеристик;
- дать представление о взаимосвязи электронной структуры гетеропереходов и условий образования двумерного электронного газа при построении сверхбыстродействующих гетероструктурных транзисторов;
- сформировать представления об особенностях технологических процессах при создании интегральных схем на основе сверхбыстродействующих транзисторов.

Обучающийся должен был изучить такие дисциплины, как «Физические основы электроники», «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния», «Физика полупроводников» и

«Нанoeлектроника», которые способствуют формированию следующих предварительных компетенций:

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции с индикаторами достижения компетенций:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Научно-исследовательский	ПК-2 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-2.1 Выбирает методики проведения исследований параметров и характеристик устройств и установок электроники и наноэлектроники	<i>Знает</i> новые научные результаты по электронике и наноэлектронике
			<i>Умеет</i> правильно ставить задачи по направлению электроники и наноэлектроники, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости
			<i>Владеет</i> навыками применения выбранных методов к решению научных задач по электронике и наноэлектронике
		ПК-2.2 Проводит экспериментальные исследования характеристик приборов, схем, устройств электроники и наноэлектроники	<i>Знает</i> способы простейшие методики проведения исследований параметров и характеристик устройств с квантовыми свойствами и систем на их основе для задач электроники и наноэлектроники.
<i>Умеет</i> проводить исследования параметров квантовых приборов, схем, рассчитывать их основные характеристики и строить			

			зонные диаграммы приборов электроники и наноэлектроники
			<i>Владеет</i> технологиями и математическим аппаратом для моделирования квантовых приборов, устройств и установок электроники и наноэлектроники

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физика сверхбыстродействующих транзисторов для интегральных схем» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- дискуссия;
- анализ современной научной литературы по тематике дисциплины на английском языке;
- обзорные доклады по предлагаемым тематикам и обсуждение их со студентами и преподавателем.

## **I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель.** Изучение физических и технологических аспектов разработки и технологического воплощения сверхбыстродействующих транзисторов,

включая транзисторы на горячих носителях и их применения для создания интегральных схем.

**Задачи:**

- ознакомить студентов с условиями формирования гетеропереходов и аппаратом для вычисления их характеристик;
- дать представление о взаимосвязи электронной структуры гетеропереходов и условий образования двумерного электронного газа при построении сверхбыстродействующих гетероструктурных транзисторов;
- сформировать представления об особенностях технологических процессах при создании интегральных схем на основе сверхбыстродействующих транзисторов.

Обучающийся должен был изучить такие дисциплины, как «Физические основы электроники», «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния», «Физика полупроводников» и «Наноэлектроника», которые способствуют формированию следующих предварительных компетенций:

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы,

характеризуют формирование следующих компетенций, индикаторов достижения компетенций:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
Научно-исследовательский	ПК-2 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения	ПК-2.1 Выбирает методики проведения исследований параметров и характеристик устройств и установок электроники и нанoeлектроники	<i>Знает</i> новые научные результаты по электронике и нанoeлектронике
			<i>Умеет</i> правильно ставить задачи по направлению электроники и нанoeлектроники, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости
		ПК-2.2 Проводит экспериментальные исследования характеристик приборов, схем, устройств электроники и нанoeлектроники	<i>Владеет</i> навыками применения выбранных методов к решению научных задач по электронике и нанoeлектронике
			<i>Знает</i> способы простейшие методики проведения исследований параметров и характеристик устройств с квантовыми свойствами и систем на их основе для задач электроники и нанoeлектроники.
			<i>Умеет</i> проводить исследования параметров квантовых приборов, схем, рассчитывать их основные характеристики и строить зонные диаграммы приборов электроники и нанoeлектроники
			<i>Владеет</i> технологиями и математическим аппаратом для моделирования квантовых приборов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники

## II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы (144 академических часа).

### Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Конт роль	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК*	СР		
1	Раздел 1. Формирование и свойства гетеропереходов и транзисторов на их основе	7	8	0	6	0	57	27	Экзамен
2	Раздел 2. Физика сверхбыстродействующих баллистических транзисторов	7	6	0	6				
3	Раздел 3. Физика процессов в аналоговых транзисторах	7	4	0	6				
4	Раздел 4. Физика транзисторов с резонансным туннелированием	7	8	0	6				
5	Раздел 5. Применение сверхбыстродействующих транзисторов в интегральных схемах	7	4	0	6				
Итого:			30	0	30	0	57	27	

## III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### 1. Формирование и свойства гетеропереходов и транзисторов на их основе

Гетеропереход. Селективное легирование. Двумерный электронный газ. Гетероструктурные полевые транзисторы. Полевые транзисторы на



гетероструктурах AlGaAs/GaAs с селективным легированием. Обратные и многоканальные структуры. Гетероструктурные биполярные транзисторы (ГСБТ). Гетероэмиттер. База и коллектор. Гетероструктурные биполярные транзисторы на AlGaAs/GaAs. ГСБТ на GaInAs/InP, GaInAsP/InP. Транзисторы с гетеропереходами из GaAs/Si, Ge/Si,  $\alpha$ -Si/Si.

## **2. Физика сверхбыстродействующих баллистических транзисторов.**

Спектроскопия горячих электронов. Баллистические транзисторы с планарно-легированными барьерами. Баллистические транзисторы с гетероструктурными барьерами. Транзисторы с переносом заряда в пространстве.

## **3. Физика процессов в аналоговых транзисторах**

Транзисторы со статической индукцией. Транзисторы с проницаемой базой. Транзисторы с металлической базой.

## **4. Физика транзисторов с резонансным туннелированием**

Туннелирование и размерное квантование. Резонансное туннелирование через двойной барьер с квантовой ямой и сверхрешетку. Транзисторы с резонансным туннелированием (биполярные и полевые).

## **5. Применение сверхбыстродействующих транзисторов в интегральных схемах**

Транзисторы с наивысшим быстродействием. Интегральные микросхемы на сверхбыстродействующих транзисторах.

# **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

Каждое занятие подразумевает собой проработку теоретических аспектов темы задания, работу над моментами, которые не понятны студентам и решение практических задач у доски.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Построение гетеропереходов в модели Андерсона и с учетом поверхностных состояний в различных гетеросистемах. Принцип селективного легирования. Двумерный электронный и дырочный газы. Методы исследования двумерного электронного газа. Построение зонных энергетических диаграмм без и со смещением. Расчет параметров гетероструктурных полевых и гетероструктурных биполярных транзисторов (10 часов).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Построение зонных энергетических диаграмм без и со смещением. Расчет параметров транзисторов на горячих электронах (6 часа).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Построение зонных энергетических диаграмм без и со смещением. Расчет параметров аналоговых транзисторов (6 часов)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Построение зонных энергетических диаграмм без и со смещением. Построение зонных диаграмм транзисторов на квантовых эффектах (6 часов).

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Анализ сверхбыстродействующих микросхем на различных типах транзисторов (6 часов).

## V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Разделы 1-5	ПК-2.1 Выбирает методики проведения исследований параметров и характеристик устройств и установок электроники и нанoeлектроники	<i>Знает</i> новые научные результаты по электронике и нанoeлектронике.  <i>Умеет</i> правильно ставить задачи по направлению электроники и нанoeлектроники, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость	УО-1 ПР-2	-

			<p>результатов с точки зрения их результативности и применимости.</p> <p><i>Владеет</i> навыками применения выбранных методов к решению научных задач по электронике и нанoeлектронике.</p>		
		<p>ПК-2.2 Проводит экспериментальные исследования характеристик приборов, схем, устройств электроники и нанoeлектроники</p>	<p><i>Знает</i> способы простейшие методики проведения исследований параметров и характеристик сверхбыстродействующих транзисторов и систем на их основе для задач электроники и нанoeлектроники.</p> <p><u>Умеет</u> проводить исследования параметров сверхбыстродействующих транзисторов, схем, рассчитывать их основные характеристики и строить зонные диаграммы приборов электроники и нанoeлектроники.</p> <p><i>Владеет</i> технологиями и математическим аппаратом для моделирования сверхбыстродействующих транзисторов, устройств и установок электроники и нанoeлектроники.</p>	<p>УО-1 ПР-2</p>	-
2	Экзамен			-	ПР-2

## **VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, Интернет-ресурсами, оригинальными научными статьями на английском языке и подготовка резюме по ним;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- подготовка к экзамену.

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физика и технология квантовых приборов» представлено ниже и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-3 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 1 и 2	4 час.	резюме статей по теме
2	4-5 неделя семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 3	4 час.	контрольная работа
3	6-7 неделя семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 4	4 час.	резюме статей по теме
4	8-9 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 5	4 час.	контрольная работа
5	10-11 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 6	5 час.	резюме статей по теме
6	12-13 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 7	5 час.	контрольная работа
7	14 неделя семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 8	5 час.	резюме статей по теме
8	15-16 неделя семестра	Подготовка устных докладов в виде презентации с рисунками и выводами на основе подготовленных резюме	5 час.	контрольная работа и обзорные доклады по тематике курса

Итого	34 часа	
-------	---------	--

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку резюме по прочитанным оригинальным статьям, контрольным работам и обзорному докладу по всем статьям в рамках тематике курса лекций «Физика и технология квантовых приборов».

Задания выдаются в виде оригинальных статей по курсу читаемых лекций, которые необходимо разобрать к семинарскому занятию и подготовить короткое резюме (2-3) страницы машинописного текста. В семестре каждому обучающемуся выдается 2 научные статьи для освоения материала и подготовки резюме по ним.

#### **Требования к представлению резюме**

Резюме по оригинальным статьям представляет краткую письменную работу с изложением сути рассматриваемой в статье проблемы. Обучаемый самостоятельно проводит анализ этой проблемы и кратко излагает их в резюме в виде выводов и сопоставляет с разобранным в ходе лекций материалами.

Резюме составляется по тематике определенных теоретических вопросов изучаемой дисциплины при использовании научной литературы. Резюме оформляется в соответствии с требованиями Правил оформления письменных работ студентами ДВФУ.

По форме резюме представляет краткое письменное сообщение, имеющее ссылки на источники литературы и краткий терминологический словарь, включающий основные термины и их расшифровку (толкование) по раскрываемой теме (вопросу).

Резюме представляется на проверку в электронном виде, исходя из условий:

- ✓ текстовый документ в формат MS Word;
- ✓ объем – 2-3 компьютерные страницы 1 статье;
- ✓ объем словаря – не менее 7-10 терминов на одно резюме;
- ✓ набор текста с параметрами - шрифт 14, межстрочный интервал 1,5;
- ✓ формат листов текстового документа - А4;
- ✓ *титульный лист* (первый лист документа, без номера страницы) – по заданной форме;
- ✓ *список литературы* по использованным при подготовке резюме источникам, наличие ссылок в тексте резюме на источники по списку.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

*Оценивание резюме проводится по критериям:*

- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников Интернет и курса лекций;
- владение методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

### **Подготовка к контрольным работам**

Подготовка к контрольным работам проводится по тематике лекций в рамках рассмотренных тем. Вопросы выносятся на контрольные работы без их предварительного обсуждения. В семестре проводится 4 контрольных работы. Преподаватель оставляет за собой право проводить короткие по времени контрольные работы (до 10 минут) с письменными ответами на 5 коротких вопросов, сформулированных в строгом соответствии с темами лекционных занятий и планом-графиком.

## VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

*(электронные и печатные издания)*

1. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для ВУЗов 3-е изд., стер. / В.В. Пасынков. — СПб.: издательство «Лань», 2023. — 480 с.

<https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tekhnicheskie-nauki/poluprovodnikovye-pribory/>

2. Щука, А. А. Нанoeлектроника: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. — 5-е изд., электрон. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — (Нанотехнологии). — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094369> – Режим доступа: по подписке.

3. Гольдин, Л. Л. Квантовая физика. Вводный курс: учебное пособие [Электронный ресурс] / Л. Л. Гольдин, Г. И. Новикова. - 3-е изд. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2019. - 480 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1117881> – Режим доступа: по подписке.

4. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] / А. Н. Игнатов. – М.: Издательство «Лань», 2017. — 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95150>

5. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов : в 10 т. Том 9. Статистическая физика. Теория конденсированного состояния. Часть 2 [Электронный ресурс] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. — 5-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. - 440 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223535> – Режим доступа: по подписке.

6. Барыбин, А. А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина. – М.: Физматлит, 2011, -783 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>



7. Воротынцев, В. М. Базовые технологии микро- и нанoeлектроники: учебное пособие / В. М. Воротынцев, В. Д. Скупов. - М.: Проспект, 2018. — 520 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469679>

### Дополнительная литература

1. Бобылев, Ю. Н. Физические основы электроники: Учебное пособие / Ю. Н. Бобылев. - М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. — 290 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:359536&theme=FEFU>

2. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие [Электронный ресурс] / Э. Г. Раков. — 3-е изд., электрон. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 480 с. — (Нанотехнологии). — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094379> – Режим доступа: по подписке

3. Головин, Ю. И. Основы нанотехнологий / Ю. И. Головин. – М.: Изд. "Машиностроение", 2012, – 656 с. – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)

4. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М.: Физматлит, 2009. — 416 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12979.html>

5. Драгунов, В. П. Микро- и нанoeлектроника. Учебное пособие для ВУЗов / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак — Новосибирск: НГТУ, 2012. — 38 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45107.html>

6. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции nanoиндустрии : учебное пособие [Электронный ресурс] / О. Д. Анашина, С. Е. Андрюшечкин, С. И. Аневский [и др.] ; под. ред. В. Н. Крутикова. – М.: Логос, 2020. - 592 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1212442> – Режим доступа: по подписке.

7. Основы нано- и функциональной электроники: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 310 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:727638&theme=FEFU>
8. Суздалев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. – М.: Либроком, 2013. — 592 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242083&theme=FEFU>
9. Физика полупроводников и полупроводниковые приборы: Учебное пособие / Н. Н. Панюшкин – Воронеж :ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2015. — 131 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/858616>
10. Щелкачѳв, Н. М. Электрический ток в наноструктурах: кулоновская блокада и квантовые точечные контакты: Учебно-методическое пособие / Н. М. Щелкачѳв, Я. В. Фоминов. - М.: МФТИ, 2010. — 39 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/539/73539>

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Проект о современной фундаментальной науке «ПостНаука» <http://postnauka.ru>
4. Нанотехнологическое общество «Нанометр» <http://www.nanometer.ru>

#### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Teams, Microsoft Office (Power Point, Word), Blackboard Learn, программное обеспечение сервисов сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

Информационно справочные системы и профессиональные базы данных:

1. ЭБС ДВФУ - <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>
2. Электронная библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента»: <http://www.studentlibrary.ru>
4. Электронная библиотечная система «eLIBRARY.RU»: <http://www.elibrary.ru/>
5. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <http://www.urait.ru/ebs>
6. Электронная библиотечная система «Znanium»: <http://znanium.com/>
7. Электронная библиотечная система IPRbooks: <http://iprbookshop.ru/>
8. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
9. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.ur01>
10. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
11. Информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам" - <http://window.edu.ru/>
12. Доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ - <http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

## **VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных работ и резюме по научным статьям в рамках тематики лекций.

Освоение дисциплины « Физика и технология квантовых приборов»

предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине « Физика и технология квантовых приборов» является экзамен.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

## **IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. – 1042. Аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue;	Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным

	<p>Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой.</p>	<p>операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия па право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, аудитории для лекционных и практических занятий.</p>	<p>Лекционные аудитории, оснащенные проектором, экраном для проецирования изображения проектора, двусторонней доской для маркеров и мела.</p>	