МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Наноэлектроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Промышленная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	26	26	часов
2	Практические занятия	20	20	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	62	62	часов
5	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
6	Самостоятельная работа	82	82	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 12995

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 77 от «11» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 2015-03-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент каф. ФЭ _____ Сахаров Ю. В.

Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ _____ Троян П. Е.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФЭТ _____ Воронин А. И.

Заведующий выпускающей каф. ПрЭ _____ Михальченко С. Г.

Эксперты:

Председатель методической комиссии факультета ФЭТ ТУСУР _____ Чистоедова И. А.

Председатель методической комиссии кафедры ПрЭ ТУСУР _____ Легостаев Н. С.

Согласована на портале № 12995

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

формирование научной основы, необходимой для создания элементов, приборов и устройств микро- и наноэлектроники

1.2. Задачи дисциплины

– изучение законов физики наноразмерных полупроводниковых структур для последующего использования их при разработке и эксплуатации приборов и устройств микроволновой, цифровой и оптической электроники, а также при проектировании электронных схем на их основе.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Наноэлектроника» (Б1.Б.14) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математика, Материалы электронной техники, Микросхемотехника, Микроэлектроника, Твердотельная электроника, Физика, Физика конденсированного состояния.

Последующими дисциплинами являются: Микроволновая, квантовая и оптическая электроника.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

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

– ОПК-5 способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

– ОПК-7 способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

– ПК-1 способностью 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-2 способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** физические принципы работы и устройство приборов наноэлектроники; физико-математический аппарат для расчета приборов и устройств наноэлектроники; основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения; современное состояние и тенденции развития наноэлектроники; программные средства для расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники; методы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;

– **уметь** выявлять физический принцип работы и устройство приборов наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и квантовой механики; проводить физико-математический расчет приборов и устройств наноэлектроники; обрабатывать экспериментальные данные, полученные при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения; проводить анализ научно-технической литературы в области наноэлектроники; пользоваться программными средствами для расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники; проводить исследование параметров и характеристик приборов

Согласована на портале № 12995

наноэлектроники различного функционального назначения;

– **владеть** методикой получения новых знаний в области наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и квантовой механики; методикой расчета приборов и устройств наноэлектроники; методикой обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения; методикой поиска научно-технической литературы в области наноэлектроники с применением информационных технологий; методикой расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники; методикой проведения исследований параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	62	62
Лекции	26	26
Практические занятия	20	20
Лабораторные занятия	16	16
Из них в интерактивной форме	12	12
Самостоятельная работа (всего)	82	82
Оформление отчетов по лабораторным работам	24	24
Проработка лекционного материала	34	34
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	24	24
Всего (без экзамена)	144	144
Общая трудоемкость ч	144	144
Зачетные Единицы Трудоемкости	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	(без экзамена) Всего часов	компетенции Формируемые
5 семестр						
1 Введение	2	0	0	4	6	ОПК-1, ОПК-7
2 Физические основы	6	6	0	16	28	ОПК-1, ОПК-

Согласована на портале № 12995

наноэлектроники						2, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
3 Способы формирования квантово-размерных наноструктур	4	0	0	8	12	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
4 Квантовые эффекты	6	6	4	20	36	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
5 Устройства наноэлектроники	8	8	12	34	62	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
Итого за семестр	26	20	16	82	144	
Итого	26	20	16	82	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	ч Трудоемкость,	компетенции Формируемые
5 семестр			
1 Введение	Предмет дисциплины и ее задачи. Основные этапы исторического развития наноэлектроники и нанотехнологии. Связь с другими дисциплинами. Задачи курса.	2	ОПК-1, ОПК-7
	Итого	2	
2 Физические основы наноэлектроники	Волны Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантово-размерные объекты и их классификация. Полупроводниковые наногетеростуктуры. Энергетические диаграммы наногетроструктур. Требования, предъявляемые к наногетероструктурам. Двойные гетероструктуры (ДГС). Сверхрешетки. Полупроводниковые сверхрешетки. Виды сверхрешеток. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Минизоны. Энергетический спектр электронов в	6	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-1, ПК-2

Согласована на портале № 12995

	сверхрешетках. Свойства электронного газа в сверхрешетках. Влияние квантоворазмерных эффектов на свойства вещества. Баллистический транспорт.		
	Итого	6	
3 Способы формирования квантово-размерных наноструктур	Общие принципы формирования квантово-размерных структур. Эпитаксия. Формирование квантово-размерных структур методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Формирование квантово-размерных структур методом химического осаждения из газовой фазы металлоорганических соединений (MOCVD). Формирование квантовых ям. Формирование квантовых проволок (нитей) геометрическим и электронным способом. Формирование квантовых точек. Механизм процесса самоорганизации при формировании квантовых точек. Размер и форма островков. Вертикальные массивы квантовых точек.	4	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
4 Квантовые эффекты	2D-электронный газ в магнитном поле. Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла. Эффект Ааронова-Бома. Эффект Штарка. Квантово-размерный эффект Штарка в гетеронаноструктурах с квантовыми ямами. Туннельный эффект. Эффект Джозефсона. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с одним туннельным переходом. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами. Сотуннелирование.	6	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
	Итого	6	
5 Устройства наноэлектроники	Приборы на резонансном туннелировании. Диоды на резонансном туннелировании. Транзисторы на резонансном туннелировании. Логические элементы на резонансно-туннельных приборах. Приборы на одноэлектронном туннелировании. Одноэлектронный транзистор. Одноэлектронный насос. Одноэлектронная память. Устройства на основе сверхрешеток. Инфракрасные фотоприемники. Сверхрешетки в лазерных структурах.	8	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-5, ОПК-7, ПК-1, ПК-2

Согласована на портале № 12995

	Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Оптические модуляторы. Транзисторы с высокой подвижностью HEMT. Обзор программных средств для моделирования приборов и устройств наноэлектроники		
	Итого	8	
Итого за семестр		26	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
	1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины					
1 Математика		+	+	+	+
2 Материалы электронной техники	+	+	+		
3 Микросхемотехника					+
4 Микроэлектроника		+		+	+
5 Твердотельная электроника		+	+	+	+
6 Физика		+	+	+	+
7 Физика конденсированного состояния		+	+	+	+
Последующие дисциплины					
1 Микроволновая, квантовая и оптическая электроника				+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	

Согласована на портале № 12995

ОПК-1	+			+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Дифференцированный зачет
ОПК-2	+	+		+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Дифференцированный зачет
ОПК-5	+		+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Дифференцированный зачет
ОПК-7	+		+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Дифференцированный зачет
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Дифференцированный зачет
ПК-2	+		+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Дифференцированный зачет

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
5 семестр				

Согласована на портале № 12995

Исследовательский метод		2		2
Работа в команде		2		2
Презентации с использованием слайдов с обсуждением			2	2
Case-study (метод конкретных ситуаций)	4			4
Мозговой штурм	2			2
Итого за семестр:	6	4	2	12
Итого	6	4	2	12

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	ч Трудоемкость,	компетенции Формируемые
5 семестр			
4 Квантовые эффекты	Туннельный эффект	4	ОПК-5, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
	Итого	4	
5 Устройства наноэлектроники	Исследование характеристик HEMT - транзистора	4	ОПК-5, ОПК-7, ПК-1, ПК-2
	Исследование светодиодов на основе ДГС	4	
	Моделирование характеристик HEMT - транзистора	4	
	Итого	12	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Тематика практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 12995

Таблица 8. 1 – Тематика практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Содержание практических занятий	ч Трудоемкость,	компетенции Формируемые
5 семестр			
2 Физические основы наноэлектроники	Волны Де Бройля. Квантовое ограничение. Полупроводниковые наногетеростуктуры. Энергетические диаграммы наногетроструктур. Требования, предъявляемые к наногетероструктурам. Двойные гетероструктуры (ДГС). Полупроводниковые сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Баллистический транспорт	6	ОПК-2, ПК-1
	Итого	6	
4 Квантовые эффекты	2D-электронный газ в магнитном поле. Целочисленный и дробный квантовый эффект Холла. Эффект Штарка. Квантово-размерный эффект Штарка в гетеронаноструктурах с квантовыми ямами. Туннельный эффект. Резонансно-туннельный эффект. Эффект Джозефсона. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с одним туннельным переходом. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами	6	ОПК-2, ПК-1
	Итого	6	
5 Устройства наноэлектроники	Диоды на резонансном туннелировании. Одноэлектронный транзистор. Инфракрасные фотоприемники. Квантовые каскадные лазеры. Лавинные фотодиоды. Оптические модуляторы. Транзисторы с высокой подвижностью HEMT.	8	ОПК-2, ПК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		20	

Согласована на портале № 12995

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	ч Трудоемкость,	компетенции Формируемые	Формы контроля
5 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	4	ОПК-1, ОПК-7	Дифференцированный зачет, Контрольная работа
	Итого	4		
2 Физические основы наноэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2, ПК-1, ОПК-1, ОПК-7, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	8		
	Итого	16		
3 Способы формирования квантово-размерных наноструктур	Проработка лекционного материала	8	ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-1, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию
	Итого	8		
4 Квантовые эффекты	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2, ПК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	20		
5 Устройства наноэлектроники	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2, ПК-1, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-7, ПК-2	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе
	Проработка лекционного материала	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Оформление отчетов по	6		

Согласована на портале № 12995

	лабораторным работам			
	Итого	34		
Итого за семестр		82		
Итого		82		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Дифференцированный зачет			30	30
Контрольная работа	10	10	10	30
Отчет по индивидуальному заданию		10	10	20
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Итого максимум за период	10	30	60	100
Нарастающим итогом	10	40	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)

Согласована на портале № 12995

	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-94774-914-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

2. Троян П.Е. Наноэлектроника: учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. - Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственная корпорация "Российская корпорация нанотехнологий", Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск: ТУСУР, 2010. – 88 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537 , дата обращения: 02.02.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н. И. Боргардт [и др.] ; ред. Ю. А. Чаплыгин ; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

2. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига ; М. : Логос ; М. : Университетская книга, 2006. - 494 с. - ISBN 5-98704-054-X. - ISBN 5-89155-149-7 (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)

3. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике: Коллективная монография / Российская Академия наук, Сибирское отделение, Институт физики полупроводников; ред. А.Л. Асеев. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 367 [1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. изд-во Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 31 с – [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Sakharov/Nanoelectronics_Practics.pdf

2. Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 52 с. – [Электронный ресурс]. - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Sakharov/Nanoelectronics_lab.pdf

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

Согласована на портале № 12995

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Нано Дайджест" - интернет-журнал, посвященный нанотехнологиям http://nanodigest.ru/stati/issledovaniia-i-razrabotki/nanoelektronika-dostizheniia-i-perspektiv (Электронный ресурс, режим доступа - свободный)

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 25, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины. Аудитория оборудована мультимедийным системой (проектор, экран, звуковая система) для реализации интерактивных форм обучения

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 25, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 1 этаж, ауд. 115А. Состав оборудования: Учебная мебель и лабораторная мебель (лабораторные столы); 4 специализированных лабораторных стенда для проведения лабораторных работ по курсу "Наноэлектроника"

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 124. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса ПЭВМ INTEL Core i5 3.2 ГГц. - 12 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного

Согласована на портале № 12995

аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

Конспектирование студентами лекционного материала обязательно. Обязательным условием допуска к экзамену является выполнение и защита всех лабораторных работ, а также контрольных работ

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;

Согласована на портале № 12995

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 12995

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Наноэлектроника

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль): **Промышленная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**
Кафедра: **ПрЭ, Кафедра промышленной электроники**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора **2013 года**

Разработчики:

- Доцент каф. ФЭ Сахаров Ю. В.

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 12995

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	**Должен знать** физические принципы работы и устройство приборов наноэлектроники; физико-математический аппарат для расчета приборов и устройств наноэлектроники; основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения; современное состояние и тенденции развития наноэлектроники; программные средства для расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники; методы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения; ; **Должен уметь** выявлять физический принцип работы и устройство приборов наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и квантовой механики; проводить физико-математический расчет приборов и устройств наноэлектроники; обрабатывать экспериментальные данные, полученные при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения; проводить анализ научно-технической литературы в области наноэлектроники; пользоваться программными средствами для расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники; проводить исследование параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения; ; **Должен владеть** методикой получения новых знаний в области наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	
ПК-1	способностью 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-2	способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	

Согласована на портале № 12995

		квантовой механики; методикой расчета приборов и устройств наноэлектроники; методикой обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения; методикой поиска научно-технической литературы в области наноэлектроники с применением информационных технологий; методикой расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники; методикой проведения исследований параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения; ;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-1

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физические принципы работы и устройство	выявлять физический принцип работы и	методикой получения новых знаний в области

Согласована на портале № 12995

	приборов наноэлектроники;	устройство приборов наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и квантовой механики;	наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и квантовой механики
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• в совершенстве математику, физику, квантовую механику. Физические принципы работы и устройство приборов наноэлектроники, а также их физико-математические модели.;	• Применять знания по математике, физике, квантовой механики для самостоятельного освоения физических принципов и устройств приборов наноэлектроники. Строить физико-математические модели приборов и устройств наноэлектроники.;	• Методикой поиска и освоения новых знаний в области наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники и квантовой механики.;
Хорошо (базовый уровень)	• Хорошо математику, физику, квантовую механику. Физические принципы работы и устройство приборов наноэлектроники.;	• Применять знания по математике, физике, квантовой механики для самостоятельного освоения основных физических принципов и устройств приборов наноэлектроники.;	• Методикой поиска и освоения знаний в области наноэлектроники на основе знаний физических основ наноэлектроники.;

Согласована на портале № 12995

Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Удовлетворительно математику, физику, квантовую механику. Устройство и характеристики основных приборов наноэлектроники.;	• Осваивать основные физические принципы и устройство приборов наноэлектроники под руководством преподавателя.;	• Методикой поиска справочной и методической литературы в области наноэлектроники.;

2.2 Компетенция ОПК-2

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физико-математический аппарат для расчета приборов и устройств наноэлектроники;	проводить физико-математический расчет приборов и устройств наноэлектроники;	методикой расчета приборов и устройств наноэлектроники;
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• вывод основных расчетных формул, используемых для расчета приборов и устройств	• проводить вывод основных формул применяемых для расчета приборов и устройств	• физико-математическим аппаратом для решения задач повышенной сложности

Согласована на портале № 12995

	наноэлектроники;	наноэлектроники; решать задачи повышеннной сложности для расчета приборов и устройств наноэлектроник;	возникающих в ходе профессиональной деятельности.;
Хорошо (базовый уровень)	• основные расчетные формулы, используемые для расчета приборов и устройств наноэлектроники;	• решать задачи для расчета приборов и устройств наноэлектроники;	• методикой расчета приборов и устройств наноэлектроники.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• основные параметры приборов и устройств наноэлектроники, а также перечень справочной и методической литературы с примерами расчета приборов и устройств наноэлектроники;	• решать простые задачи, используя справочную и методическую литературу с примерами расчета приборов и устройств наноэлектроники;	• методикой расчета параметров гетероструктур, а также методикой поиска справочной и методической литературы с примерами расчета приборов и устройств наноэлектроники.;

2.3 Компетенция ОПК-5

ОПК-5: способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения;	обрабатывать экспериментальные данные, полученные при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения;	методикой обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения;
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;

Согласована на портале № 12995

	работа;	работа;	
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, с использованием статистических методов, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения, а также программные комплексы для их реализации.;	• пользоваться математическим аппаратом, а также программными комплексами для обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения. Проводить анализ, а также сравнение результатов с аналогичными, представленными в отечественной и зарубежной научно-технической литературе. ;	• математическим аппаратом, а также программными комплексами для обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения. Методикой поиска аналогичных экспериментальных данных с применением информационных технологий.;
Хорошо (базовый уровень)	• основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения;	• пользоваться программными комплексами для обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения.;	• программными комплексами для обработки и представления экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• типовые приемы обработки и представления	• пользоваться основными приемами обработки и	• Типовыми методиками обработки и представления

Согласована на портале № 12995

	экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения;	представления экспериментальных данных;	экспериментальных данных, полученных при исследовании приборов наноэлектроники различного функционального назначения.;

2.4 Компетенция ОПК-7

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	современное состояние и тенденции развития наноэлектроники;	проводить анализ научно-технической литературы в области наноэлектроники с применением информационных технологий;	методикой поиска научно-технической литературы в области наноэлектроники с применением информационных технологий;
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично	• современное	• проводить анализ	• Практическими

Согласована на портале № 12995

(высокий уровень)	состояние и тенденции развития наноэлектроники и измерительной техники, используемой для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники. Диапазон и физический смысл измеряемых параметров;	отечественной и зарубежной научно-технической литературы в области наноэлектроники. Проводить измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники;	навыками по поиску и анализу отечественной и зарубежной научно-технической литературы в области наноэлектроники. Практическими навыками работы на современном измерительной оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники;
Хорошо (базовый уровень)	• современное состояние наноэлектроники и измерительной техники, используемой для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники.;	• проводить анализ отечественной научно-технической литературы в области наноэлектроники. Проводить измерения параметров типовых приборов и устройств наноэлектроники;	• Практическими навыками по поиску и анализу отечественной научно-технической литературы в области наноэлектроники. Практическими навыками работы на современном измерительном оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники под руководством оператора;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• перечень типового измерительного оборудования используемого для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники.;	• проводить простые измерения параметров приборов и устройств наноэлектроники с использованием типового измерительного оборудования;	• навыками по анализу учебных и учебно-методических пособий в области наноэлектроники. Методикой работы на типовом измерительном оборудовании, используемом для определения параметров приборов и устройств наноэлектроники при прямом участии оператора.;

2.5 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью 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

Согласована на портале № 12995

моделирования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	программные средства для расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники;	пользоваться программными средствами для расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники;	методикой расчета и моделирования приборов и устройств наноэлектроники;
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• в совершенстве современные программные комплексы для моделирования и расчета приборов и устройств наноэлектроники.;	• строить сложные физические и математические модели приборов и устройств наноэлектроники с использованием современных программных комплексов.;	• методикой построения сложных физических и математических моделей приборов и устройств наноэлектроники;
Хорошо (базовый уровень)	• основные программные комплексы для моделирования и расчета приборов и	• строить простые физические и математические модели приборов и устройств наноэлектроники с	• методикой построения простых физических и математических моделей приборов и

Согласована на портале № 12995

	устройств наноэлектроники.;	использованием современных программных комплексов. ;	устройств наноэлектроники;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• перечень основных программных комплексов для моделирования и расчета приборов и устройств наноэлектроники.;	• строить типовые физические и математические модели приборов и устройств наноэлектроники с использованием программных комплексов, при наличии руководства пользователя.;	• методикой построения типовых физических и математических моделей приборов и устройств наноэлектроники при наличии руководства пользователя;

2.6 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	методы экспериментального исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;	проводить исследование параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;	методикой проведения исследований параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию;

Согласована на портале № 12995

	заданию; • Дифференцированный зачет;	заданию; • Дифференцированный зачет;	• Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• • современное состояние и тенденции развития наноэлектроники и измерительной техники, используемой для экспериментального исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения. Диапазон и физический смысл измеряемых параметров.;	• • Проводить исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения с использованием современного измерительного оборудования; Проводить настройку и калибровку измерительного оборудования, а также обработку результатов измерений с использованием статистического анализа;;	• практическими навыками работы на современном измерительной оборудовании, используемом для исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения. Методикой настройки и калибровки измерительного оборудования, а также методикой обработки результатов исследования с использованием современных программных комплексов;;
Хорошо (базовый уровень)	• типовую измерительную технику, используемую для ля экспериментального исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;;	• Проводить исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения с использованием типового измерительного оборудования;;	• практическими навыками работы на современном измерительном оборудовании, используемом для исследования параметров и характеристик приборов наноэлектроники различного функционального назначения;;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• перечень типового измерительного оборудования используемого для экспериментального исследования	• проводить простые измерения параметров основных приборов наноэлектроники;;	• навыками работы на типовом измерительной оборудовании, используемом для исследования параметров и

Согласована на портале № 12995

	параметров и характеристик основных приборов наноэлектроники;;		характеристик основных приборов наноэлектроники;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Темы индивидуальных заданий

– Выполнение домашних индивидуальных заданий на тему: «Расчет устройств наноэлектроники». Полный список вариантов, а также текст заданий приведен в учебно-методическом пособии (п.5). Каждый вариант снабжен уникальным текстом задания, а также уникальными начальными данными, исключающими повторение. Задания по вариантам: 1. Вариант № 1. Светодиоды белого света. 2. Вариант №2. Светодиоды инфракрасного спектра. 3. Вариант №3 Светодиоды синего спектра. 4. Вариант №4 Светодиоды ультрафиолетового спектра. 5. Вариант №5 Светодиоды желтого спектра. 6. Вариант №6 Светодиоды зеленого спектра. 7. Вариант №7 Светодиоды оранжевого спектра. 8. Вариант №8 Светодиоды фиолетового спектра. 9. Вариант №9 Светодиоды красного спектра. 10. Вариант №10 ИК – фотоприемники на многослойных гетероструктурах

3.2 Темы контрольных работ

– **Тема контрольной работы № 2:** Квантовые эффекты. Устройства наноэлектроники (Разделы 4-5 рабочей программы). Пример Контрольного задания:

Вариант№1

1. Найти вероятность прохождения D и отражения R для электрона с энергией 2,3 эВ, падающего на потенциальную стенку высотой 2,0 эВ. Эффективную массу принять равной массе электрона в состоянии покоя.

2. Найти вероятность прохождения D и отражения R для электрона с энергией 3 эВ, проходящего через барьер высотой 3,3эВ и протяженностью 4 нм. Эффективную массу принять равной массе электрона в состоянии покоя.

3. Определить длину волны, при которой будет максимум оптического поглощения для сверхрешетки на основе AlAs/GaAs/AlAs. Если толщина квантовых ям составляет 5 нм, барьеров 15 нм.

4. Определить максимальную емкость для туннельного перехода при которой возможен эффект одноэлектронного туннелирования для T=300 К и T=1 К

Примеры задач для контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 2.5 - п.2.12). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 3). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

– **Тема контрольной работы № 1:** Физические основы наноэлектроники (Раздел 2 рабочей программы). Пример Контрольного задания:

Вариант №1

1. Определить длину волны Де Бройля для электрона с энергией 2 эВ.

2. Протон обладает кинетической энергией T = 1 кэВ. Определить дополнительную энергию δT, которую необходимо ему сообщить для того, чтобы длина волн λ де Бройля уменьшилась в три раза.

3. Имеется ДГС на основе AlAs/AlxGa1-xAs/AlAs. Толщина квантовой ямы составляет 4,5 нм. Определить максимальный x при котором в квантовой яме будет один энергетический уровень. Справочные данные для материалов взять из справочника. Эффективные массы считать постоянными и приравнять к средним значениям

4. Имеется ДГС на основе AlAs/InAs/AlAs. Определить минимальную и максимальную толщину квантовой ямы. Справочные данные для материалов взять из справочника.

Согласована на портале № 12995

Примеры задач для контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п. 2.1-2.4). Варианты контрольной работы приведены в учебно-методическом пособии (п.3). Учебно-методическое пособие содержат варианты заданий для контрольных работ и индивидуальных заданий. Для самостоятельного изучения рекомендуется список литературы и приводятся справочные материалы.

3.3 Вопросы дифференцированного зачета

– 1. Волна Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантовые пленки. 2. Волна Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантовые точки. 3. Волна Де Бройля. Квантовое ограничение. Квантовые шнуры. 4. Гетероструктуры. Энергетическая диаграмма ДГС. Основные требования, предъявляемые к гетероструктурам. Методы изготовления гетероструктур. 5. Сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Минизоны. 6. Сверхрешетки. Энергетические диаграммы сверхрешеток. Свойство электронов в сверхрешетках. 7. Баллистический транспорт. Квант сопротивления. Квант проводимости. 8. Способы формирования квантоворазмерных структур. Формирование квантовых точек. 9. Способы формирования квантоворазмерных структур. Формирование квантовых проволок. 10. Способы формирования квантоворазмерных структур. Формирование квантовых пленок. 11. Двумерный электронный газ в магнитном поле. Уровни Ландау. 12. Целочисленный и дробный эффект Холла. 13. Эффект Штарка. Эффект Штарка в гетероструктурах с квантовыми ямами. 14. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности барьера. Резонансный туннельный эффект. 15. Эффект Джозефсона. Практическое применение эффекта Дзозефсона. 16. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с одним туннельным переходом. 17. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами одинаковой прозрачности. 18. Кулоновская блокада. Кулоновская блокада с двумя туннельными переходами различной прозрачности. 19. Сотуннелирование. Где наблюдается. Причины. 20. Резонансно туннельный диод. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. ВАХ. 21. Резонансно туннельный транзистор. Конструкция. Принцип работы. ВАХ. 22. Одноэлектронный транзистор. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Передаточные и выходные характеристики. 23. НЕМТ транзисторы. Конструкции pHEMT транзисторов. Принцип работы. Передаточные и выходные характеристики. Применение. 24. НЕМТ транзисторы. Конструкции mHEMT транзисторов. Принцип работы. Передаточные и выходные характеристики. Применение. 25. Светодиоды и лазеры на основе ДГС. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Основные характеристики. Применение. 26. Светодиоды и лазеры на основе ДГС и квантовых точек. Конструкции. Принцип работы. Достоинства и недостатки. 27. Квантовые каскадные лазеры. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение. 28. ИК-фотоприемники. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение. 29. Оптические модуляторы. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение. 30. Лавинные фотодиоды. Конструкция. Энергетическая диаграмма. Принцип работы. Применение.

3.4 Темы лабораторных работ

- Туннельный эффект
- Исследование характеристик НЕМТ - транзистора
- Исследование светодиодов на основе ДГС
- Моделирование характеристик НЕМТ - транзистора

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

Согласована на портале № 12995

4.1. Основная литература

1. Борисенко В. Е. Наноэлектроника: учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 224 с. - ISBN 978-5-94774-914-4 (наличие в библиотеке ТУСУР - 81 экз.)

2. Троян П.Е. Наноэлектроника: учебное пособие / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. - Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственная корпорация "Российская корпорация нанотехнологий", Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. – Томск: ТУСУР, 2010. – 88 с (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)

3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537 , свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Чаплыгин Ю.А. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н. И. Боргардт [и др.] ; ред. Ю. А. Чаплыгин ; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446 с. - ISBN 5-94836-059-8 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

2. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный, В. А. Гридчин. - М. : Физматкнига ; М. : Логос ; М. : Университетская книга, 2006. - 494 с. - ISBN 5-98704-054-X. - ISBN 5-89155-149-7 (наличие в библиотеке ТУСУР - 32 экз.)

3. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике: Коллективная монография / Российская Академия наук, Сибирское отделение, Институт физики полупроводников; ред. А.Л. Асеев. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 367 [1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. изд-во Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 31 с – [электронный ресурс].-http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Sakharov/Nanoelectronics_Practics.pdf

2. Троян П.Е. Наноэлектроника: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 52 с. – [Электронный ресурс] - http://miel.tusur.ru/images/files/Uchebno-metodicheskii_kompleks%20disciplin/Sakharov/Nanoelectronics_lab.pdf

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Нано Дайджест" - интернет-журнал, посвященный нанотехнологиям http://nanodigest.ru/stati/issledovaniia-i-razrabotki/nanoelektronika-dostizheniia-i-perspektiv (Электронный ресурс, режим доступа - свободный)

Согласована на портале № 12995