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

Кафедра полупроводниковых приборов и микроэлектроники

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Фотоэлектроника

Образовательная программа: 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника, магистерская программа: Материалы микро- и наносистемной техники

Курс: 2, семестр : 3

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**3**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	5
2	Всего часов	180
3	Всего занятий в контактной форме, час.	44
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	9
8	из них практической подготовки, час.	1
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	6
11	Самостоятельная работа, час.	136
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	контр.
13	Вид аттестации	Э

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

ФГОС введен в действие приказом №921 от 19.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 28.04.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ППиМЭ, 31.08.2026

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

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Остертак Д. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Остертак Д. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1/НА Готов формулировать цели и задачи научных исследований в области нанотехнологии и микросистемной техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
	ПК-1/НА. 1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники
	ПК-1/НА. 3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований
Профессиональные компетенции	ПК-3/НА Готов разрабатывать физические и математические модели, проводить компьютерное моделирование исследуемых физических процессов в области нанотехнологии и микросистемной техники
	ПК-3/НА. 1 Знает физические и математические модели и методы моделирования исследуемых физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники
	ПК-3/НА. 2 Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-1/НА. 1 Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	
о современных принципах работы оптоэлектронных приборов и систем, а также о физических процессах, протекающих в приемниках и источниках излучения, о физических явлениях, определяющих предельно достижимые параметры и характеристики оптоэлектронных приборов и систем.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
о новейших методах получения, экспериментального исследования и характеризации полупроводниковых структур, используемых в фотоэлектронике	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
основные характеристики материалов: структурные, термодинамические, зонные, тепловые, электрические и оптические свойства	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
выбирать и использовать для расчета параметров исследуемой системы конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами, вычислять основные параметры оптоэлектронной системы в целом и фотоприемников, как ее составляющей части	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-1/НА. 3 Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований	
понятийный аппарат (терминологию) дисциплины "фотоэлектроника"	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
теоретические методы описания работы оптоэлектронных систем, физических равновесных и неравновесных процессов в полупроводниковых структурах, предназначенных для регистрации оптического излучения	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
прогнозировать изменение свойств объектов при изменении внешних условий или воздействий, представлять результаты решения отдельных задач	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-3/НА. 1 Знает физические и математические модели и методы моделирования исследуемых физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники	

современной научной терминологией и основными теоретическими и экспериментальными подходами в передовых направлениях нанотехнологии, связанных с фотоэлектроникой	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
методами расчёта основных параметров наноразмерных фотоэлектронных систем; - навыками анализа и идентификации новых проблем и областей исследования в области фотоэлектроники; навыками и методиками разработки физико-математических моделей процессов, явлений и объектов в области фотоэлетроники	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК-3/НА. 2 Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	
о методах теоретической физики и вычислительной математики, используемых в материаловедении, физике твердого тела и физике полупроводников при разработке оптоэлектронных систем	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
основные физические явления, используемые для создания современных приборов твердотельной фотоэлектроники	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
проводить характеризацию оптоэлектронных систем, а так же источников и приемников излучения в зависимости от поставленной задачи	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций
Семестр: 3				
Дидактическая единица: Источники излучения.				
1. Введение. Фотометрия.	2	0	0	ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.2
2. Лампы. Светодиоды. Экраны.	3	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.2
3. Лазеры.	3	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.2
Дидактическая единица: Приемники излучения.				
4. Параметры приемников излучения. Фоторезисторы. Фотодиоды. P-i-n фотодиод. Лавинный фотодиод.	3	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2
5. Матричные приемники излучения. ИК фотоприемники.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2
6. Тепловые приемники излучения. Фотокатоды с отрицательным электронным сродством. ЭОП и ФЭУ. Солнечные элементы.	3	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.2
Дидактическая единица: Приборы с одновременным использованием приемников и источников излучения.				
7. Оптроны. Волоконно-оптические линии связи.	2	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Источники излучения.					
1. Фотометрические единицы, пересчет из Ватт в люмены. Вывод излучения из светодиода. Расчет поперечных мод лазера.	7	1	3	ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2	решение задач
Дидактическая единица: Приемники излучения.					
2. Приемники оптического излучения. Интегральные и спектральные параметры. Расчет характеристик: интегральная и спектральная чувствительности, удельный порог чувствительности, обнаружительная способность. Шумы.	3	0	2	ПК-1/НА.1, ПК-3/НА.2	решение задач
3. Оценка времени зарядки батареи смартфона солнечным элементом. Расчет квантовой эффективности матричного фотоприемника из шумовых характеристик.	3	0	2	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2	решение задач
5. Параметры и характеристики приемников излучения на внешнем фотоэффекте и их пересчет	2	0	1	ПК-1/НА.1, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2	решение задач
6. Тепловые приемники излучения. Устройство , шумы и параметры	1	0	0	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2	практические занятия в форме презентации и дискуссии на данную тему
Дидактическая единица: Приборы с одновременным использованием приемников и источников излучения.					
4. Построение оптиронов и волоконно-оптических линий связи. Спектральное уплотнение каналов.	2	0	1	ПК-1/НА.1, ПК-1/НА.3, ПК-3/НА.1, ПК-3/НА.2	практические занятия в форме презентации и дискуссии на данную тему

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Фотометрические единицы, пересчет из Ватт в люмены. Вывод излучения из светодиода. Расчет поперечных мод лазера.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	Контрольные работы	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-3/НА.1,ПК-3/НА.2	20	1
выполнение, оформление и защита контрольной работы: Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / В. П. Драгунов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000074043. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
2	Подготовка к занятиям	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-3/НА.1,ПК-3/НА.2	61	0
работа с литературой и справочными материалами. Подготовка к экзамену: Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / В. П. Драгунов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000074043. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
3	Дополнительная учебная деятельность	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-3/НА.1,ПК-3/НА.2	20	0
Самостоятельная работа с литературой: Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / В. П. Драгунов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000074043. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				
4	Подготовка к аттестации	ПК-1/НА.1,ПК-1/НА.3,ПК-3/НА.1,ПК-3/НА.2	35	5
самостоятельная работа с литературой и справочными материалами, подготовка к экзамену: Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / В. П. Драгунов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000074043. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".				

3.3 Технология обучения

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

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

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

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 3		
Лекция:	10	20
Практические занятия: практические занятия	10	20
Контрольные работы:	10	20
Экзамен: постановка задачи, количественное обоснование результата и качественный ан	20	40
Контролирующие материалы приводятся в "Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / В. П. Драгунов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000074043. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии"."		

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

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Контр. раб.	Экзамен
ПК-1/НА	ПК-1/НА 1. Знает принципы построения и функционирования изделий нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-1/НА 3. Владеет навыками выбора теоретических и экспериментальных методов исследований	+	+
ПК-3/НА	ПК-3/НА 1. Знает физические и математические модели и методы моделирования исследуемых физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+	+
	ПК-3/НА 2. Умеет формулировать и решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы для анализа, синтеза и компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Игнатов А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учеб. пособие для вузов / А. Н. Игнатов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 628 с. — ISBN 978-5-8114-5378-8. — URL: https://e.lanbook.com/book/480662 (дата обращения 16.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

Дополнительная литература

1. Юнусова И. М. Оптоэлектроника. Optoelectronics : учебное пособие / И. М. Юнусова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023.- 60, [3] с.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=226821.- Текст рус., англ.

2. Киселев Г. Л. Квантовая и оптическая электроника / Г. Л. Киселев. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 316 с. — ISBN 978-5-507-47285-7. — URL: https://e.lanbook.com/book/353702 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.— Текст : электронный.

3. Шалимова К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — URL: https://e.lanbook.com/book/210524 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.— Текст : электронный.

4. Паршаков А. Н. Введение в квантовую физику : учеб. пособие для вузов / А. Н. Паршаков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 352 с. — ISBN 978-5-507-51128-0. — URL: https://e.lanbook.com/book/505365 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

5. Рыбина Н. В. Физические основы оптоэлектроники. Светодиоды : учеб. пособие / Н. В. Рыбина, Н. Б. Рыбин. — Рязань : РГРТУ, 2017. — 48 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/168083 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

6. Дробот П. Н. Наноэлектроника : учеб. пособие / П. Н. Дробот. — Москва : ТУСУР, 2016. — 286 с. — URL: https://e.lanbook.com/book/110241 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

7. Наноматериалы. Свойства и сферы применения : учебник для вузов / Г. И. Джардималиева, К. А. Кыдралиева, А. В. Метелица, И. Е. Уфлянд. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2026. — 200 с. — ISBN 978-5-507-54394-6. — URL: https://e.lanbook.com/book/508066 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

8. Владимиров Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учеб. пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1515-1. — URL: https://e.lanbook.com/book/211397 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

9. Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники : учебник / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. — 3-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0866-5. — URL: https://e.lanbook.com/book/210218 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

10. Ишанин Г. Г. Приемники оптического излучения : учеб. пособие / Г. Г. Ишанин, В. П. Челибанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1048-4. — URL: https://e.lanbook.com/book/211730 (дата обращения 17.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

Интернет-ресурсы

1. Гридчин В. А. Физика микросистем [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. А. Гридчин, И. Г. Неизвестный, В. Н. Шумский. - Новосибирск. Изд-во НГТУ, 2006. - Ч.2. - 496 с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000066370. - Загл. с экрана.

2. Драгунов В. П. Наноструктуры: физика, технология, применение [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. П. Драгунов, И. Г. Неизвестный ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 354 с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000113265. - Загл. с экрана.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Драгунов В. П. Физика твердого тела. Основы наноэлектроники (квантовые проводники и углеродные нанотрубки) : учебное пособие / В. П. Драгунов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 106, [2] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000074043. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

2. Филимонова Н. И. Квантовая и оптическая электроника [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск, [2020].- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000243292.- Загл. с экрана.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Операционная система Microsoft Windows

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

6.3 Информационные технологии

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

7. Материально-техническое обеспечение

Комплект оборудования

№	Наименование	Назначение
1	Комплект мультимедийного оборудования	используется при чтении лекций