

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИСЦИПЛИНА "ФИЗИКА
ПОЛУПРОВОДНИКОВ"**

Физические науки, энергетика и электротехника

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Промышленной электроники**

Учебный план 1.3.11._06_26_00.plx
1.3.11. Физика полупроводников

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **1 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	32	32	32	32
Сам. работа	4	4	4	4
Итого	36	36	36	36

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., зав. каф., Серебряков Андрей Евгеньевич

Рабочая программа дисциплины

Физические науки, энергетика и электротехника

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

составлена на основании учебного плана:

1.3.11. Физика полупроводников

утвержденного учёным советом вуза от 13.03.2026 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от 21.05.2026 г. № 11

Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.

Зав. кафедрой Серебряков Андрей Евгеньевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Промышленной электроники

Протокол от _____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Промышленной электроники

Протокол от _____ 2030 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1	Изучение основных физико-технических явлений и устройств для формирования электронных и ионных потоков, методов измерения параметров и характеристик пучков заряженных частиц, расчета основных явлений, приобретение навыков анализа явлений в конкретных условиях.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:		2.1.4
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	До начала изучения дисциплины обучающиеся должны:	
2.1.2	знать:	
2.1.3	- фундаментальные физические законы и процессы;	
2.1.4	- основные тенденции развития и проблемы в области экспериментальной физики;	
2.1.5	уметь:	
2.1.6	- осуществлять поиск источников литературы с привлечением современных информационных технологий;	
2.1.7	- составлять математические уравнения известных физических законов;	
2.1.8	владеть:	
2.1.9	- базовой терминологией;	
2.1.10	- методологическими основами математического моделирования.	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	физико-технические основы электронной оптики, способы формирования и измерения электронных и ионных потоков, физические процессы и явления, законы и концепции и примеры их использования в приборах
3.2	Уметь:
3.2.1	применять полученные знания для анализа явлений и расчета процессов при решении конкретных задач
3.3	Владеть:
3.3.1	практическими навыками применения устройств электронной оптики

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1.					
1.1	Вакуумная электроника. /Тема/	6	0			Зачет
1.2	Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источников излучения. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное (синхротронное) и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Допплера. Томсоновское рассеяние. /Ср/	6	1		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1Л3.2 Л3.3	

1.3	Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков – ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах. Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы. /Лек/	6	8		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Л3.3	
1.4	Эмиссионная электроника. /Тема/	6	0			Зачет
1.5	Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Термоэмиссионный метод прямого преобразования тепловой энергии в электрическую. Вакуумный диод с термокатодом и его вольт-амперная характеристика. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. /Лек/	6	8		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Л3.3	
1.6	Электронно-стимулированная десорбция. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Формула Зигмунда для коэффициента распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное Резерфордское рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия. Фотоэлектронная эмиссия. Трехступенчатый механизм эмиссии. Автоэлектронная, экзоелектронная и взрывная эмиссия. /Ср/	6	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Л3.3	
1.7	Функциональная электроника. /Тема/	6	0			Зачет
1.8	Магнетoeлектроника. Магнитные домены. Магнитные запоминающие устройства: на ферритах и на тонких пленках. Акустоэлектроника: взаимодействие электронов с длинноволновыми акустическими колебаниями решетки, акустоэлектрический эффект, усиление ультразвуковых волн. Акустоэлектрические явления на поверхностных волнах и их практические применения – малогабаритные линии задержки, усилители и генераторы электрических колебаний. /Лек/	6	8		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Л3.3	

1.9	Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Кривоэлектроника. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости. Высокотемпературная сверхпроводимость. Свойства и параметры сверхпроводников с высокой критической температурой. Макроскопические квантовые эффекты сверхпроводимости. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона, типы Джозефсоновских переходов. Аналоговые устройства на эффектах Джозефсона. Стандарты напряжения, сквиды, СВЧ приемные устройства. Цифровые ячейки логики и памяти. Проблемы создания больших интегральных схем (БИС). Особенности электронных устройств на высокотемпературных сверхпроводниках. /Ср/	6	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Л3.2 Л3.3	
1.10	Газоразрядная электроника. /Тема/	6	0			Зачет
1.11	Классификация разрядов. Пробой газоразрядного промежутка. Особенности газовых разрядов на высоких и сверхвысоких частотах. Методы экспериментальных исследований газоразрядной плазмы: зондовый метод, оптические и сверхвысокочастотные методы. /Лек/	6	8		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Л3.3	
1.12	Приборы тлеющего разряда. Газоразрядные приборы, основанные на использовании излучения плазмы. Ионизационные камеры и счетчики излучений. Разрядники антенных переключателей. Плазменные дисплеи. /Ср/	6	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 2 Л3.3	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы")

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Неволин В. К.	Квантовая физика и нанотехнологии	Москва: Техносфера, 2013, 128 с.	978-5-94836-361-5, http://www.iprbookshop.ru/16975.html
Л1.2	Гестрин С. Г., Сергеева Е. К., Щукина Е. В.	Оптика и квантовая физика : электронное учебное пособие	Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2013, 49 с.	978-5-7433-2631-0, http://www.iprbookshop.ru/80110.html

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.3	Реутов А. Т.	Физика лазеров. Часть 2. Основы теории лазеров : учебное пособие	Москва: Российский университет дружбы народов, 2011, 96 с.	978-5-209-03654-8, http://www.iprbookshop.ru/11534.html
Л1.4	Киселев Г. Л.	Квантовая и оптическая электроника	Санкт-Петербург: Лань, 2022, 316 с.	978-5-507-44512-7, https://e.lanbook.com/book/233291

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Киселев Г. Л.	Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие для вузов	Санкт-Петербург: Лань, 2023, 316 с.	978-5-507-47285-7, https://e.lanbook.com/book/353702

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Соина Н. В., Казанцева А. Б., Васильева И. А., Гольцман Г. Н.	Сборник вопросов и задач по общей физике. Раздел 3. Оптика. Раздел 4. Квантовая физика	Москва: Прометей, 2013, 194 с.	978-5-7042-2414-3, http://www.iprbookshop.ru/24021.html
Л3.2	Власов А.Н., Соколов А.П., Николаев А.В.	Квантовая и оптическая электроника: метод. указ. к лаб. работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2021,	, https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/2914
Л3.3	Величко А. П.	Квантовая и оптическая электроника: Практикум	Москва: РТУ МИРЭА, 2023, 111 с.	978-5-7339-2058-0, https://e.lanbook.com/book/398285

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	103 лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения учебных занятий, компьютерный класс. Специализированная мебель (24 посадочных места), магнитно-маркерная доска. Мультимедиа проектор, 1 экран. ПК. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ	Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"
---	---	-------------------------------------

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методические указания приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания")	ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ ПОДПИСАНО НАЧАЛЬНИКОМ ОА ПОДПИСАНО ПРОРЕКТОРОМ ПО НР И И	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Литвинов Владимир Георгиевич, Заведующий кафедрой МНЭЛ ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Бодров Олег Анатольевич, Начальник отдела аспирантуры ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Гусев Сергей Игоревич, Проректор по научной работе и инновациям	17.06.26 15:20 (MSK) 17.06.26 17:11 (MSK) 18.06.26 19:09 (MSK) 22.06.26 08:57 (MSK)	Простая подпись Простая подпись Простая подпись Простая подпись
--	---	---	--	--