

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

Декан физико-математического факультета

_____/ Матиев А.Х.
от « 21 » 05 2024г.

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 21 » 05 2024г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.04.01 ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ»

(_____
индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля))

Направление подготовки - **Магистратура**

03.04.02 Физика

(код, наименование)

Направленность

Физика полупроводников

(наименование профиля, магистерской программы, специализации)

Квалификация выпускника – **магистр**

Форма обучения **очная**

(очная, заочная, очно-заочная)

Магас, 2024

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» являются формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений и усвоение физических принципов действия полупроводниковых фотоэлектрических материалов и приборов, их параметров, характеристик и практического применения в изделиях электронной техники.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о физической природе фотопроводимости и других проявлений внутреннего фотоэффекта полупроводников и практической реализации полупроводниковых структур, применяемых в приборах и устройствах твердотельной электроники, опто-, микро- и нанoeлектроники;
- формирование знаний и умений теоретически исследовать физические процессы внутреннего фотоэффекта, протекающие в структурах полупроводниковых приборов и интегральных схем;
- приобретение навыков (владений) расчета параметров и характеристик полупроводниковых фотоэлектрических приборов, оптимизации режимов их работы.

Перечень задач профессиональной деятельности выпускников:

Код и наименование профессионального стандарта	Обобщенные трудовые функции			Трудовые функции		
	Код	Наименование	Уровень квалификации	Наименование	Код	Уровень (подуровень) квалификации
01.001 Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)	А	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	6	Общепедагогическая функция. Обучение	А/01.6	6
				Воспитательная деятельность	А/02.6	6
				Развивающая деятельность	А/03.6	6
	В	Педагогическая деятельность по проектированию и реализации основных общеобразовательных программ	6	Педагогическая деятельность по реализации программ основного и среднего общего образования	В/03.6	6

01.003 Педагогическая деятельность в дополнительном образовании детей и взрослых	А	Преподавание по дополнительным общеобразовательным программам.	6	Организация деятельности обучающихся, направленной на освоение дополнительной общеобразовательной программы	A.01.6	6.1
				Организация досуговой деятельности обучающихся в процессе реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.02.6	6.1
				Обеспечение взаимодействия с родителями (законными представителями) обучающихся, осваивающих дополнительную общеобразовательную программу, при решении задач обучения и воспитания	A.03.6	6.1
				Педагогический контроль и оценка дополнительной общеобразовательной программы	A.04.6	6.1
				Разработка программно-методического обеспечения реализации дополнительной общеобразовательной программы	A.05.6	6.2

	Б	Организационно-методическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация и проведение исследований рынка услуг дополнительного образования детей и взрослых	В/01.6	6.3
			6	Организационно-педагогическое сопровождение методической деятельности педагогов дополнительного образования	В/02.6	6.3
			6	Мониторинг и оценка качества реализации педагогами дополнительных общеобразовательных программ	В/03.6	6.3
	С	Организационно-педагогическое обеспечение реализации дополнительных общеобразовательных программ	6	Организация дополнительного образования детей и взрослых по одному или нескольким направлениям деятельности	С/03.6	6.3

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений «Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.4». Изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» является логическим продолжением таких дисциплин, как «Физика полупроводников» и «Физика полупроводниковых приборов», которые изучаются на 1-ом и 2-ом курсах. Для освоения данной дисциплины студенты должны владеть знаниями о фотопроводимости, подвижности, концентрации основных и неосновных носителей заряда, о полупроводниковых приборах и т.д. Знания, полученные по данной дисциплине, применяются на преддипломной практике на 2-ом курсе 4-го семестра и при написании и защиты выпускной квалификационной работы.

3. Результаты освоения дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
-----------------	--------------------------	----------------------------------	------------------------------------------------------

УК-6.	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<p>УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует;</p> <p>УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки;</p> <p>УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков;</p> <p>УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.</p>	<p>Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин</p> <p>Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач.</p> <p>Владеет основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности и работы в научных группах.</p>
ПК-2	Способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции и вести преподавание по дополнительным общеобразовательным программам	<p>ИДК ПК2.1</p> <p>Имеет навыки владения необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования; владения методикой планирования и разработки научного эксперимента; проведения научного эксперимента; методами моделирования различных физических ситуаций; владения современными прикладными программами для изучения объекта научного исследования; владения методами работы в различных операционных системах, с научными базами данных.</p> <p>ИДК ПК2.2</p> <p>Владеет навыками абстрактно мыслить, анализировать, синтезировать получаемую информацию; навыками делать заключения и выводы; навыками и</p>	<p>Знает как самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта</p> <p>Умеет свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и внедрять результаты научных исследований в область профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет способностью</p>

		<p>методами построения физических моделей на основе проведенных исследований и полученной информации.</p> <p>ИДК ПК-2.3 Знает способы организации научных семинаров и конференций, умеет планировать и организовывать научные семинары и конференции.</p>	<p>свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-профессиональных задач, и применять результаты научных исследований в профессиональной деятельности</p>
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Структура и содержание дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)						
			Контактная работа					Самостоятельная работа			Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрол. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных работ	курсовая работа (проект)
			Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Курсовая работа(проект)	Подготовка к экзамену	Другие виды работ						
1.	Раздел 1. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ																
1.1.	Тема 1.1. Введение. Фотоактивное поглощение и внутренний фотоэффект	3	8	4		4		4			4		4				
1.2.	Тема 1.2. Фотопроводимость. Движение носителей	3	8	4		4		4			4		4				
1.3	Тема 1.3 Рекомбинация в полупроводниках	3	4	2		2		2			2	3					
1.4	Тема 1.4 Элементарные рекомбинационные процессы	3	4	2		2		2			2	3					
1.5	Тема 1.5 Фотопроводимость полупроводников	3	8	4		4		4			4	4					
2.	Раздел 2 ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С НАГРЕВОМ																
2.1	Тема 2.1 Фотоэлектрические явления при неравновесном распределении носителей	3	8	4		4		4			4		4				
2.2	Тема 2.2 Эффект увлечения электронов фотонами	3	4	2		2		2			2	3					
3.	Раздел 3. ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ																
3.1.	Тема 3.1. Виды фотоэлектрического	3	8	4		4		4			4	3					
3.2.	Тема 3.2 Фотогальванический	3	4	2		2		2			2				3		
3.3	Тема 3.3 Спектральная характеристика фотопроводимости	3	8	4		4		4			4				3		
	Подготовка к экзамену																
	Общая трудоемкость, в		48	32		16		69		37	32	Промежуточная					

	часах										Экзамен	2
--	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---------	---

4.2. Содержание дисциплины

Раздел 1 ФОТОПРОВОДИМОСТЬ

Тема 1.1 ФОТОАКТИВНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ И ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭФФЕКТ

- Первичные и вторичные фототоки

Тема 1.2. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ. ДВИЖЕНИЕ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ФОТОПРОВОДНИКАХ

- Примеры простых фотопроводящих систем
- Диффузия и дрейф фотоносителей в монополярном полупроводнике
- Эффективное время установления диффузионно-дрейфового
- О длине экранирования в плохо проводящих полупроводниках и диэлектриках
- Распределение концентрации при наличии внешнего электрического поля
- О классификации фототоков в однородных полупроводниках
- Особенности диффузии и дрейфа фотоносителей в биполярном полупроводнике
- Добротность фотопроводников

Тема 1.3. РЕКОМБИНАЦИЯ В ФОТОПРОВОДНИКАХ

- Рекомбинационная модель Шокли-Рида
- Фотопроводник с одним классом центров рекомбинации в условиях различной освещенности
- Прилипание носителей заряда
- Два класса центров рекомбинации
- Очувствление фотопроводников при освещении
- Отрицательная фотопроводимость

Тема 1.4. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ НЕОДНОРОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

- Фотопроводимость поликристаллических веществ
- Фотопроводимость, ограниченная контактами
- Фотоэлектрические свойства контакта металл – монополярный полупроводник (диэлектрик)
- Стационарные характеристики монополярного фоторезистора при контактном ограничении
- Фотопроводимость при экситонном поглощении
- Остаточная проводимость
- Униполярная отрицательная фотопроводимость.
- Аномальная фотопроводимость
- Долговременные релаксации в фотопроводниках

Раздел 2 ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С НАГРЕВОМ ЭЛЕКТРОНОВ

Тема 2.1 Фотоэлектрические явления при неравновесном распределении носителей заряда по энергии.

- описание возмущенного распределения электронов по энергиям
- μ -проводимость, уравнение баланса
- осцилляция фотопроводимости

Тема 2.2 Эффект увлечения электронов фотонами

- эффект увлечения носителей заряда фотонами
- продольный и поперечный эффекты увлечения
- эффект увлечения в случае примесного поглощения света

Раздел 3. ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ И ДРУГИЕ ЭФФЕКТЫ

Тема 3.1. ВИДЫ ФОТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

- Формирование представлений
- Метод эквивалентных схем

- Фотоиндуктивный эффект
- Остаточная фотоемкость
- О прохождении переменного тока в неоднородных кристаллах с подвижной объемной неоднородностью
- Применение к биполярному транзистору
- О классификации различных проявлений ФДЭ
- Применение фотодиэлектрического эффекта
- Фотоварикапы
- Динамический фотоконденсатор

ПОНЯТИЕ О ШУМАХ ФОТОПРОВОДНИКОВ

Тема 3.2. ФОТОГАЛЬВАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ. ФОТОДИОД

Тема 3.3. СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОТОПРОВОДИМОСТИ

5. Образовательные технологии

Таблица 5.1.

Активные и интерактивные формы проведения учебных занятий по дисциплине

№п.п.	Тема программы дисциплины	Применяемые технологии	Кол-во аудит. часов
1	Введение. Фотоактивное поглощение и внутренний фотоэффект	классическое традиционное; лекционное обучение	8
2	Фотопроводимость. Движение носителей заряда в фотопроводниках	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	8
3	Рекомбинация в фотопроводниках	классическое традиционное; лекционное обучение, вербальные (аудио)	4
4	Элементарные рекомбинационные процессы	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	4
5	Фотопроводимость неоднородных полупроводников и диэлектриков	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа	8
6	Фотоэлектрические явления при неравновесном распределении носителей заряда по энергии	классическое традиционное; лекционное обучение, самообучение	8
7	Эффект увлечения электронов фотонами	классическое традиционное; лекционное обучение, дистанционные	4
8	Виды фотоэлектрического эффекта	классическое традиционное; лекционное обучение, компьютерное программированное обучение	8
9	Фотогальванический эффект. Фотодиод.	классическое традиционное; лекционное обучение, наглядные, программированные	4
10	Спектральная характеристика фотопроводимости	классическое традиционное; лекционное обучение, самостоятельная работа	8

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература (Указывается номер из раздела 7)	Количество часов
1	Основные параметры фотопроводимости: время ее нарастания и спада, стационарная величина и стационарное время фотопроводимости.	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием	Изучить что такое фотопроводимость, время нарастания и спада. Выполнить лабораторную работу № 1		3
2	Эффект прилипания носителей, влияние его на параметры примесной фотопроводимости.	Коллоквиум; доработка конспекта лекции с применением учебника, методической литературы, дополнительной литературы	Подготовиться к коллоквиуму. Самостоятельно изучить эффект прилипания и как он влияет на параметры примесной фотопроводимости.		2
3	Основные механизмы рекомбинации носителей заряда и температурная зависимость примесной фотопроводимости	подбор, изучение, анализ и конспектирование рекомендованной литературы;	По материалам лекций и предложенной литературы изучить основные механизмы рекомбинации		3
4	Обнаружительная способность ИК приемников и их зависимости от параметров полупроводников	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием, самостоятельное изучение отдельных тем, параграфов	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную работу № 2		3
5	Стационарное распределение	работа над конспектом	Изучить конспект		3

	неравновесной концентрации носителей в направлении распространения света в полупроводнике	лекции; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций	лекции.		
6	Спектральная зависимость собственной фотопроводимости, влияние на нее скорости поверхностной рекомбинации	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; написание реферата	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную работу № 3. Написать реферат		3
7	Зависимость полной стационарной концентрации носителей от скорости поверхностной рекомбинации	работа над конспектом лекции; подготовка доклада к конференции	Изучить конспект лекции. Подготовить доклад к студенческой конференции		2
8	Квазиуровни Ферми для свободных и захваченных на локальные уровни носителей, демаркационные уровни	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием; коллоквиум	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную работу № 4. Подготовиться к коллоквиуму		2
9	Зависимость расположения квазиуровней Ферми в запрещенной зоне от параметров уровней, температуры и скорости генерации носителей светом	работа над конспектом лекции; написание реферата	Изучить конспект лекции. Написать реферат		3
10	Влияние оптической перезарядки на подвижность носителей заряда и на времена их жизни, на спектральные зависимости поглощения и фотопроводимости	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием;	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную работу № 5.		2

11	Суперлинейность и сублинейность люкс-амперных характеристик этих эффектов и их использование для определения параметров полупроводников	работа над конспектом лекции; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций коллоквиум	Изучить конспект лекции. Подготовиться к коллоквиуму		2
12	Фотоэлектромагнитный эффект как метод определения параметров полупроводников	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с оборудованием;	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную работу №6.		2
13	Особенности фоторазогрева в сильно легированных и компенсированных полупроводниках	работа над конспектом лекции; подготовка к экзамену	Изучить конспект лекции. Подготовиться к экзамену		14

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы магистранта является самостоятельное приобретение новых знаний и выработка способности к постоянному самообучению и самосовершенствованию в профессиональной и социально-общественных сферах деятельности.

Самостоятельная учебная работа представлена такими формами учебного процесса, как лекция, семинар, практические и лабораторные занятия, экскурсии, подготовка к ним. Студент должен уметь вести краткие записи лекций, составлять конспекты, планы и тезисы выступлений, подбирать литературу и т.д.

Научная самостоятельная работа студента заключается в его участии в работе кружков на кафедрах, в научных конференциях разного уровня, а также в написании контрольных, курсовых и выпускных квалификационных (дипломных работ) работ.

Самостоятельная работа студентов включает следующие компоненты:

№№ п/п	Наименование работы	Кол-во часов	Форма контроля
1	Проработка лекционного материала	33 (0.9)	Экзамен
2	Подготовка к лабораторным работам	33 (0.9)	Допуск к каждой лабораторной работе и защита отчета.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
	Выполнение лабораторных работ	Фотоактивное поглощение и внутренний фотоэффект	УК-6, ПК-2
	Коллоквиум	Фотопроводимость. Движение носителей заряда в фотопроводниках	УК-6, ПК-2
	Тестирование	Рекомбинация в фотопроводниках	УК-6, ПК-2
	Коллоквиум	Элементарные рекомбинационные процессы	УК-6, ПК-2
	Выполнение лабораторных работ	Фотопроводимость неоднородных полупроводников и диэлектриков	УК-6, ПК-2
	Тестирование	Фотоэлектрические явления при неравновесном распределении носителей заряда по энергии	УК-6, ПК-2
	Коллоквиум	Эффект увлечения электронов фотонами	УК-6, ПК-2
	Выполнение лабораторных работ	Виды фотоэлектрического эффекта	УК-6, ПК-2
	Коллоквиум	Фотогальванический эффект. Фотодиод	УК-6, ПК-2
	Контрольная работа	Спектральная характеристика фотопроводимости	УК-6, ПК-2

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»

7. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»

7.1. Учебная литература:

1. Нальгиева М.А., Торшхоева З.С. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. г.Магас, 2018 г.
2. Воробьев Л.Е. и др. Фотоэлектрические явления в полупроводниковых и размерно-квантовых структурах. СПб, 2001.
3. Электрические и фотоэлектрические явления в гетероструктурах на основе полупроводников АЗВ5 и кремния. Салихов Х.М.С-Петербург, 2010.
4. Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ,– 46 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники: УМКД № 1524/1092-2008/рук. творч. коллектива Г. Н. Шелованова). 2009.
5. Исследование электрофизических свойств фоторезисторов на основе PbS. Комиссаров А.Л. 2011.
6. Фотоэлектрические явления и эффект поля в квантово-размерных гетеронаноструктурах In(Ga)As/GaAs.Истомин Л.А. 2010.

Периодическая литература вузов.

1. Известия вузов. Электроника.

2. Микроэлектроника.
3. Физика и техника полупроводников.
4. Нанотехнологии и наноматериалы.
5. Нано- и микросистемная техника.
6. Перспективные материалы. Микроэлектроника.

7.2. Интернет-ресурсы

1. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. учеб.-метод. комплекс/Г. Н. Шелованова, В. А. Юзова, В. А. Барашков, О. В. Семенова – Электронные дан. (127 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, –2009.
2. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (2 Мб). – Красноярск:ИПК СФУ, –2009.
3. Шелованова Г. Н. Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники. Версия 1,0 [Электронный ресурс]: электр. курс лекций / Г. Н. Шелованова. – Электронные дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ– 2009.
4. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0. руководство пользователя/А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.
5. Шелованова, Г. Н. Современные проблемы электроники: кремниевая электроника [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие/Г. Н. Шелованова. – Электрон. дан. – Красноярск: КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://lib.krgtu.ru/pocobia.phpsection=shelovanova> – Загл. с экрана.
6. [http:// www. superconductors. org/](http://www.superconductors.org/)
7. [http://www. nanoink. net](http://www.nanoink.net)
8. <http://www.ioffe.ru/journals/>
9. <http://journal.sfu-kras.ru/>
10. <http://www.mikrosystems.ru>

7.3. Программное обеспечение

1. Операционная система Microsoft Windows XP Professional.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2003 Professional.
3. Программный продукт «Антивирус Касперского».
4. Программный продукт FineReader 7.0 Professional Edition.
5. Программный продукт MATLAB 6.

7.4. Материально-техническое обеспечение

Фотоэлектрические явления в полупроводниках	Учебная аудитория для лекционных занятий (№ 306) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт. (состоит из 2-х секций); стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; трибуна-1 шт, стол – 28 шт.; скамья-56 шт
	Лаборатория «ФЭЯПП. Спецпрактикум» (№301) 386132, РИ, г.Назрань, Гамурзиевский округ, ул. Магистральная, 39а, Корпус 3Е	Стол для преподавателя - 1 шт; стул для преподавателя -1 шт.; доска - 1 шт.; стол - 10 шт.; скамья-20 шт. Стол лабораторный с розетками и ящиками1200*600*850. Автоматизированный лабораторный стенд для исследования полупроводников ФЭ-ЭХ (с ПЭФМ). Установка для изучения внешнего фотоэффекта ФПЭ 10. Установка для изучения температурной зависимости эл. металлов и полупроводников ФПЭ 07. Оптическая скамья модели U, 600 мм. Рейтер модели U, 75 мм. Галогеновая лампа для опытов, Диафрагма с регулируемой щелью на ножке, Выпуклая линза на ножке, Поляризационный фильтр на ножке, Источник постоянного тока, Цифровой мультиметр. Прибор для исследования зависимости сопротивления полупроводников от температуры.

Рабочая программа дисциплины «Фотоэлектрические явления в полупроводниках» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 914

Программу составил: к.ф-м.н., доцент кафедры «Физика» Нальгиева М.А.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»
Протокол № 10 от « 20 » мая 2024 года

Программа одобрена Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 9 от « 22 » мая 2024 года

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой