

**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 « 27 » 04 2026 г.

_____/ Мальсагов М.Х.
от « 28 » 04 2026 г.

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, 2026

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 наноэлектроники;
- 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.04.01». 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 компете	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины
-------------	--------------------------	----------------------------------	----------------------------------

нции			обучающийся должен:
УК-6.	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные), целесообразно их использует; УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способы совершенствования собственной (в том числе профессиональной) деятельности на основе самооценки; УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов непрерывного образования возможности развития профессиональных компетенций и социальных навыков; УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию с учетом накопленного опыта профессиональной деятельности, динамично изменяющихся требований рынка труда и стратегии личного развития.	Знает теорию и основные законы в области естественнонаучных дисциплин Умеет использовать естественно-научные знания при объяснении экспериментов, решения профессиональных задач. Владеет основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности и работы в научных группах.
ПК-2	Способность планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции и вести преподавание по дополнительным общеобразовательным программам	ИДК ПК2.1 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. ИДК ПК2.2 Владеет навыками абстрактно мыслить, анализировать,	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 Умеет свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и внедрять результаты научных исследований в область

		синтезировать получаемую информацию; навыками делать заключения и выводы; навыками и методами построения физических моделей на основе проведенных исследований и полученной информации. ИДК ПК-2.3 Знает способы организации научных семинаров и конференций, умеет планировать и организовывать научные семинары и конференции.	профессиональной деятельности. Владеет способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-профессиональных задач, и применять результаты научных исследований в профессиональной деятельности
--	--	--	--

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов.

[illegible]

	Общая трудоемкость, в часах		48	32		16		69		37	32	Промежуточная	
												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 объёмной 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	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную работу № 2		3

		изучение отдельных тем, параграфов			
5	Стационарное распределение неравновесной концентрации носителей в направлении распространения света в полупроводнике	работа над конспектом лекции; консультации по сложным, непонятным вопросам лекций	Изучить конспект лекции.		3
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	работа над конспектом лекции; лабораторные занятия с	Изучить конспект лекции. Провести лабораторную		2

	на времена их жизни, на спектральные зависимости поглощения и фотопроводимости	оборудованием;	работу № 5.		
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 нанoeлектроники: учеб. программа дисциплины/сост.: В. А. Юзова, Г. Н. Шелованова. – Красноярск: ИПК СФУ, – 46 с. – (Актуальные проблемы современной электроники и нанoeлектроники: 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 гетеронаноструктурных 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

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.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	386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г.Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» . Ауд. №303. Площадь 71.6 квадратных метров.	Аудитория № 303. Специализированная учебная мебель для обучающихся и преподавателя; технические средства обучения (компьютерная техника, доска, мультимедийное оборудование: интерактивная доска, проектор); доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет; учебно-методические материалы.
	386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г.Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» . Ауд. №05. Площадь 34.1 м ²	Аудитория №05 Специализированная учебная мебель для обучающихся и преподавателя; технические средства обучения (ноутбук, доска); обеспечен доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет; учебно-методические материалы. Комплект учебно-лабораторного оборудования «Фотоэлектрические явления в полупроводниках»
	386132, Республика Ингушетия, г.о. город Назрань, г.Назрань, тер. Гамурзиевский административный округ, ул. Магистральная, д. 39«а» Ауд. №116. Площадь 36, м ²	Для самостоятельной работы обучающихся. Аудитория № 116: рабочие места для обучающихся, технические средства обучения (ноутбук, доска), доступ к сети Интернет, учебно-методические материалы, электронные образовательные ресурсы.

Приложение

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Фотоэлектрические явления в полупроводниках**1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

В процессе освоения образовательной программы компетенции формируются по следующим этапам:

- 1) начальный этап дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;
- 2) основной этап позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;
- 3) завершающий этап предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

При освоении дисциплины (модуля) компетенции, закрепленные за ней, реализуются по темам (разделам) дисциплины (модуля), в определенной степени (полностью или в оговоренной части) и на определенном этапе, что приведено в Таблице 1.

Таблица 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Компетенции/ контролируемые этапы	Показатели	Наименование оценочного средства
Начальный этап формирования компетенций осуществляется в период освоения учебной дисциплины и характеризуется освоением учебного материала		
УК-6	Знать ключевые разделы физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи. Владеть навыками планирования научно-исследовательских работ при разработке новых методов и подходов.	Практические занятия, тесты

ПК-2	Знать основные методы планирования и организации физических исследований, в том числе - междисциплинарного характера. Уметь выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов. Владеть навыками организационной деятельности (в части организации научных семинаров для небольших научных групп).	
------	--	--

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Шкала оценивания, показатели и критерии оценивания образовательных результатов обучающегося во время текущей аттестации

Шкала оценивания	Показатели и критерии оценивания
5, «отлично»	Полностью сформированное и системное знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Полностью сформированное и системное знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. Полностью сформированное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов
4, «хорошо»	Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание ключевых разделов физики конденсированного состояния и физического материаловедения, на основании которых проводится разработка новых методов и методических подходов. Сформированное, но содержащее отдельные пробелы, знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов
3, «удовлетворительно»	Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе – междисциплинарного характера. Неполное (содержащее существенные пробелы) знание основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. В целом успешное, но не системное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов.

2, «неудовлетворительно»	Фрагментарные знания основных методов планирования и организации физических исследований, в том числе – междисциплинарного характера. Фрагментарные знания основных этапов (правил) организации и работы научных семинаров и конференций. Частично освоенное умение выделять и систематизировать основные результаты экспериментальных / теоретических исследований и корректировать план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов
--------------------------	--

Оценивание выполнения практических заданий

4-балльная шкала (уровень освоения)	Показатели	Критерии
Отлично (повышенный уровень)	1. Полнота выполнения практического задания;	Студентом задание решено самостоятельно. При этом составлен правильный алгоритм решения задания, в логических рассуждениях, в выборе формул и решении нет ошибок, получен верный ответ, задание решено рациональным способом.
Хорошо (базовый уровень)	2. Своевременность выполнения задания;	Студентом задание решено с подсказкой преподавателя. При этом составлен правильный алгоритм решения задания, в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок; правильно сделан выбор формул для решения; есть объяснение решения, но задание решено нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ.
	3. Последовательность и рациональность выполнения задания;	
	4. Самостоятельность решения;	
Удовлетворительно (пороговый уровень)		Студентом задание решено с подсказками преподавателя. При этом задание понято правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущены существенные ошибки в выборе формул или в математических расчетах; задание решено не полностью или в общем виде.
Неудовлетворительно (уровень не сформирован)		Студентом задание не решено.
незачтено (уровень не сформирован)	не	Лабораторная работа студентом не выполнена.

Шкала и критерии оценки промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка (баллы)	Уровень сформированности компетенций	Общие требования к результатам аттестации в форме зачета	Планируемые результаты обучения
«Зачтено» (61-100)	Высокий уровень	Теоретическое содержание курса освоено полностью без пробелов или в целом, или большей частью, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы или в основном сформированы, все или большинство предусмотренных рабочей программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки	Знать: Имеет системные знания о структуре самосознания, о видах самооценки, об этапах профессионального становления личности и механизмах социальной адаптации. Уметь: Осуществлять анализ социальной действительности с позиций профессиональных знаний и мировоззренческой рефлексии. Вырабатывает мотивацию на дальнейшее повышение профессиональной квалификации и мастерства. Оценивает уровень самоорганизации и самообразования. Прогнозирует последствия своей социальной и профессиональной деятельности. Владеть: навыками самоанализа социальной действительности с позиций профессиональных знаний и мировоззренческой рефлексии. Способен к самооценке уровня самоорганизации и самообразования. Владеет навыками прогнозирования последствий своей
	Базовый уровень	Теоретическое содержание курса освоено в целом без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, предусмотренные рабочей учебной программой учебные задания выполнены с отдельными неточностями, качество выполнения большинства заданий оценено числом баллов, близким к максимуму.	Знать: теоретические основы, основные понятия, электричества и магнетизма разделов общей физики для решения профессиональных задач. Уметь: понимать, излагать и критически анализировать базовую общефизическую информацию. Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области общей физики.
	Минимальный уровень	Теоретическое содержание курса освоено большей	Знать: основные понятия, законы и модели электричества

		частью, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных рабочей учебной программой учебных заданий выполнены, отдельные из выполненных заданий содержат ошибки.	и магнетизма разделов общей физики. Уметь: понимать, излагать базовую общефизическую информацию. Владеть: физическими и математическими методами обработки и анализа информации в области общей физики.
«Не зачтено» (менее 61)	компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы	Теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые навыки работы не сформированы или сформированы отдельные из них, большинство предусмотренных рабочей учебной программой заданий не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимуму.	Планируемые результаты обучения не достигнуты

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций используются следующие типовые контрольные задания:

Текущий контроль успеваемости

3.1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Модуль1

1. Фотоактивное поглощение и внутренний фотоэффект
2. Первичные и вторичные фототоки
3. Фотопроводимость.
- 4 Примеры простых фотопроводящих систем
5. Диффузия и дрейф фотоносителей в монополярном полупроводнике
6. Эффективное время установления диффузионно-дрейфового равновесия

7. Распределение концентрации при наличии внешнего электрического поля
8. О классификации фототоков в однородных полупроводниках
9. Рекомбинационная модель Шокли-Рида
10. Фотопроводник с одним классом центров рекомбинации в условиях различной освещенности
11. Прилипание носителей заряда

Модуль 2

1. Два класса центров рекомбинации
2. Очувствление фотопроводников при освещении
3. Отрицательная фотопроводимость
4. Фотопроводимость поликристаллических веществ
5. Фотопроводимость, ограниченная контактами
6. Фотоэлектрические свойства контакта металл – монополярный полупроводник (диэлектрик)
7. Стационарные характеристики монополярного фоторезистора при контактном ограничении
8. Фотопроводимость при экситонном поглощении
9. Остаточная проводимость.
10. Униполярная отрицательная фотопроводимость.
11. Аномальная фотопроводимость.

3.2. Темы рефератов

1. Фотокатоды и приборы на их основе.
2. Фотоэлектрические процессы при лазерной печати.
3. Фотоприемники для лазерного считывания информации.
4. Процессы в быстродействующих фотоприемниках.
5. Охлаждаемые и неохлаждаемые инфракрасные фотоприемники.
6. Электронно-оптические преобразователи.
7. Рентгеновский электронно-оптический преобразователь (РЭОП).
8. Пороговая чувствительность фотоприемника и ее измерение.
9. Фотоприемники на основе квантово-размерных эффектов.
10. Фотоприемники на основе теллурида кадмия-ртути (КРТ).
11. Фотоприемники на основе теллурида свинца и олова (СОТ).
12. Фоточувствительные ПЗС-матрицы.

3.3 Вопросы к экзамену

- . Фотоактивное поглощение.
2. Первичные и вторичные фототоки.
3. Фотопроводимость и ее стадии.
4. Примеры простых фотопроводящих систем
5. Реакция фотопроводника на прямоугольный импульс света.
6. Характеристические соотношения фотопроводимости.
7. Фотопроводники с одним классом центров рекомбинации.
8. Статистика рекомбинации Шокли - Рида и ее применения
9. Время диэлектрической релаксации и радиус экранирования монополярного фотопроводника.
10. Радиус экранирования в компенсированном полупроводнике.
11. Классификация фототоков в однородном полупроводнике.
12. Рекомбинация и прилипание.
13. Добротность фотопроводника.
14. Токи, ограниченные пространственным зарядом в фотопроводниках.
15. «Треугольник Ламперта».
16. Фотопроводимость поликристаллических полупроводников.
17. Квазиуровни Ферми и их роль в описании процессов фотопроводимости.
18. Фотопроводники с двумя классами центров рекомбинации.
19. Электронное легирование фотопроводников.
20. Продольная и поперечная фотопроводимость.
21. Фотопроводимость, ограниченная контактами, на примере продольного фоторезистора
22. Фотопроводимость при экситонном поглощении и спектральная характеристика фотопроводника.
23. Спектральная характеристика фотопроводимости.
24. Прилипание и фотопамять.
25. Отрицательная фотопроводимость при примесном и собственном возбуждении.
26. Аномальная фотопроводимость и ее объяснение.
27. Фотодиэлектрический эффект. Эквивалентные схемы.
28. Отрицательная и остаточная фотоемкость.
29. Классификация фотодиэлектрических эффектов.
30. Вывод и интерпретация уравнения фотодиода.
31. Шумы и пороговая чувствительность фотоприемников.
32. Измерение параметров фотоприемников.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю)

При оценивании устного опроса и участия в дискуссии на семинаре (практическом занятии) учитываются:

- степень раскрытия содержания материала;
- изложение материала (грамотность речи, точность использования терминологии и символики, логическая последовательность изложения материала;
- знание теории изученных вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются такие процедуры и технологии как тестирование и опрос на семинарах (практических занятиях).

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

По сложности ПКЗ разделяются на простые и комплексные задания.

Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия. К ним можно отнести: простые ситуационные задачи с коротким ответом или простым действием; несложные задания по выполнению конкретных действий. Простые задания применяются для оценки умений. Комплексные задания требуют многоходовых решений как в типичной, так и в нестандартной ситуациях. Это задания в открытой форме, требующие поэтапного решения и развернутого ответа, в т.ч. задания на индивидуальное или коллективное выполнение проектов, на выполнение практических действий или лабораторных работ. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;
- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- нахождение ошибок в последовательности (определить правильный вариант последовательности действий);
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- задания на принятие решения в нестандартной ситуации (ситуации выбора, много альтернативности решений, проблемной ситуации).

Оценивание обучающегося на текущей аттестации осуществляется в соответствии с критериями, представленными в п. 7.1, и носит балльный характер.

Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации: Зачет.

При проведении промежуточной аттестации студент должен ответить на вопросы теоретического характера и практического характера.

При оценивании ответа на вопрос теоретического характера учитывается:

- теоретическое содержание не освоено, знание материала носит фрагментарный характер, наличие грубых ошибок в ответе;
- теоретическое содержание освоено частично, допущено не более двух-трех недочетов;
- теоретическое содержание освоено почти полностью, допущено не более одного-двух недочетов, но обучающийся смог бы их исправить самостоятельно;
- теоретическое содержание освоено полностью, ответ построен по собственному плану.

При оценивании ответа на вопрос практического характера учитывается объем правильного решения.

Основой для определения оценки служит уровень усвоения студентами материала, предусмотренного данной рабочей программой.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с критериями и носит балльный характер.

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 № 11 от «27» апреля 2026 года.

Программа одобрена Учебно-методической комиссией физико-математического факультета
Протокол № 6 от «28» апреля 2026 года.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой
2026-2027г.	№ 11 от «27» апреля 2026 года.	Фонд оценочных средств указан как приложение. Прописаны индикаторы достижение компетенции (Знать, уметь, владеть)	