



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
*Физический факультет*

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках**

Кафедра экспериментальной физики

Образовательная программа  
**11.03.04- Электроника и наноэлектроника**

Профили подготовки:  
**Микроэлектроника и твердотельная электроника**

Уровень высшего образования  
**бакалавриат**

Форма обучения:  
**очная**

Статус дисциплины:  
**вариативная**

Махачкала, 2017г.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и наноэлектроника, профиль подготовки: микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.

Разработчик (и): кафедра экспериментальной физики, Офицера Н.В., к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена: на заседании кафедры экспериментальной физики от «31» марта 2017г., протокол № 8

Зав. кафедрой —  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «31» марта 2017г., протокол № 7.

Председатель —  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением

«3» апреля 2017г.  Гасангаджиева А.Г.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) **11.04.03. Электроника и наноэлектроника**.

Дисциплина реализуется на факультете физическом кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с получением знаний по оптике полупроводников, необходимые для понимания физических процессов, протекающих в полупроводниках при взаимодействии с электромагнитным излучением. Рассматриваются такие явления как люминесценция, фотопроводимость, оптическая перезарядка уровней и фоторазогрев носителей заряда.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

*Общекультурных:*

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

*общепрофессиональных:*

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

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

способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);

*профессиональных:*

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

готовностью анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа*.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *устного опроса, контрольных работ, рефератов и коллоквиумов* и промежуточный контроль в форме *зачета*.

Объем дисциплины 2 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
6	72	16	-	18	-	1	38	7 (зачет)

### 1. Цели освоения дисциплины.

**Цель освоения дисциплины** «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках» - дать базовые знания по оптике полупроводников, необходимые для понимания физических процессов, протекающих в полупроводниках при взаимодействии с электромагнитным излучением, принципов работы приборов оптоэлектроники различного назначения, а также ознакомить с оптическими методами исследования полупроводниковых материалов.

#### **Задачи дисциплины.**

Задачами курса является изучение основных принципов и законов оптики полупроводников и полупроводниковых структур, рассмотрение оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках: внутренний фотоэффект, фотопроводимость, эффект Дембера, фотоэлектромагнитный эффект; характеристическая и рекомбинационная люминесценция; излучение в неоднородных изотропных и анизотропных средах; оптические системы.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках» входит в базовую часть образовательной программы бакалавриата по направлению (специальности) **11.04.03. Электроника и нанoeлектроника**.

Для успешного освоения дисциплины необходимо знание всех курсов общей физики, электродинамику, физику полупроводников (основы зонной теории, основы статистики электронов и дырок), статистическую физику; основы квантовой теории. Кроме того для освоения данного курса полезны такие дисциплины как «Введение в физику полупроводников», «Метрология и стандартизация».

В результате освоения дисциплины «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках» бакалавр должен демонстрировать следующие результаты:

1. **Знать:** базовые теоретические знания в области оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках.
2. **Уметь:** использовать специализированные знания в области оптики полупроводников для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с направлением подготовки «Электроника и наноэлектроника»); проводить измерения параметров полупроводников и проводить расчеты при анализе результатов измерений.
3. **Владеть:** методами количественного формулирования и решения задач по оптике полупроводников.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
Общекультурные	- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);	<i>Знать:</i> основные правовые и этические нормы при оценке последствий своей профессиональной деятельности; <i>Уметь:</i> адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в данной области знаний; <i>Владеть:</i> навыками к самоорганизации и самообразованию;
Общепрофессиональные	-способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-1); - способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2); - способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из	<i>Знать:</i> основные проблемы в данной предметной области, методы и средства их решения; <i>Уметь:</i> использовать результаты освоения материала, выбирать методы и средства их решения; <i>Владеть:</i> методами и способами самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

	различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6);	
Профессиональные	<p>- способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-2);</p> <p>- готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций (ПК-3);</p>	<p><i>Знать:</i> базовые теоретические знания в области оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках;</p> <p><i>Уметь:</i> проводить измерения параметров полупроводников и проводить расчеты при анализе результатов измерений и использовать их в различных областях техники;</p> <p><i>Владеть:</i> навыками и методами количественного формулирования и решения задач по оптике полупроводников;</p>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ пп	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекц	пр.	лаб	сам.	
<b>Модуль 1</b>								
1	Введение. Поглощение света полупроводниками.	6	1-4	4	4		6	Проверка рефератов, проверка самостоятельного решения задач, экспресс-тестирование
2	Люминесценция полупроводников	6	5-7	2	4		6	
3	Фотопроводимость полупроводников	6	8-9	2	2		4	
<b>Модуль 2</b>								
4	Примесная фотопроводимость. Собственная фотопроводимость.	6	10-11	2	2		6	Проверка рефератов, проверка самостоятельного решения задач, экспресс-
5	Фототермическая фотопро	6	12-	2	2		6	

	водимость. Прыжковая фотопроводимость.		13					тестирование
6	Оптическая перезарядка локальных уровней.		14-15	2	2		4	
7	Фотоэлектромагнитный эффект. Фоторазогрев носителей.	6	16-17	2	4		6	
8	Зачет	6						7
	Итого: <b>72</b>			16	18		38	Зачет - тестирование

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### Лекции

#### **Тема 1. Поглощение света полупроводниками.**

Виды взаимодействия света с твердым телом; оптические константы. Спектр поглощения и спектр отражения оптического излучения. Энергетические состояния в полупроводниковых кристаллах. Собственное поглощение света, прямые и непрямые переходы. Экситонное поглощение, поглощение свободными носителями заряда, примесное и решеточное поглощение. Поглощение сильно легированных и аморфных полупроводников.

#### **Тема 2. Люминесценция полупроводников.**

Типы люминесценции. Рекомбинационное излучение в полупроводниках. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация через локализованные центры. Экситонная рекомбинация. Релаксация люминесценции в полупроводниках.

#### **Тема 3. Фотопроводимость полупроводников.**

Фотопроводимость полупроводников, ее классификация: примесная, собственная, прыжковая и фототермическая фотопроводимости. Условия их наблюдения и различия. Основные параметры фотопроводимости: время ее нарастания и спада, стационарная величина и стационарное время фотопроводимости.

#### **Тема 4. Примесная фотопроводимость.**

Времена жизни носителей и времена релаксации фотопроводимости. Спектральная зависимость примесной фотопроводимости. Основные механизмы рекомбинации носителей заряда и температурная зависимость примесной фотопроводимости.

#### **Тема 5. Собственная фотопроводимость.**

Времена релаксации, стационарная величина фотопроводимости и стационарное время жизни носителей заряда. Спектральная зависимость собственной фотопроводимости, влияние на нее скорости поверхностной рекомбинации. Температурная зависимость собственной фотопроводимости.

#### **Тема 6. Оптическая перезарядка локальных уровней в запрещенной зоне.**

Оптическая перезарядка локальных уровней в запрещенной зоне при собственном и примесном возбуждении неравновесных носителей заряда. Влияние оптической перезарядки на подвижность носителей заряда и на

времена их жизни, на спектральные зависимости поглощения и фотопроводимости. Фототермические эффекты, обусловленные оптической перезарядкой уровней.

**Тема 7. Фототермическая фотопроводимость.**

Фототермическая фотопроводимость, условия ее наблюдения, спектральная зависимость. Фототермическая спектроскопия и фотоэлектромагнитная лазерная спектроскопия.

**Тема 8. Фотоэлектромагнитный эффект.**

Фотоэлектромагнитный эффект, условия его наблюдения. Зависимости тока короткого замыкания и фотоэлектромагнитной ЭДС от параметров полупроводников и скорости поверхностной рекомбинации. Фотоэлектромагнитный эффект как метод определения параметров полупроводников.

**Тема 9. Фоторазогрев носителей. Прыжковая фотопроводимость.**

Фоторазогрев носителей, условия его возникновения и проявления, влияние на параметры полупроводника: подвижность, время жизни носителей. Осцилляции в спектрах фотопроводимости и их природа. Особенности фоторазогрева в сильно легированных и компенсированных полупроводниках.

Прыжковая фотопроводимость в сильно легированных полупроводниках.

**Самостоятельная работа бакалавров**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Труд. емк.
1	Поглощение света полупроводниками.	Взаимодействие электромагнитного излучения с твердым телом. Механизмы поглощения света в твердых телах. Энергетические структуры основных полупроводников.	6
2	Люминесценция полупроводников	Виды люминесценции. Механизмы излучательной рекомбинации. Спектральное распределение рекомбинационного излучения.	6
3	Фотопроводимость полупроводников	Центры рекомбинации и центры прилипания. Влияние центров прилипания на релаксацию неравновесной проводимости.	4
4	Примесная фотопроводимость	Особенности примесной проводимости. Индуцированная примесная фотопроводимость. Кривые релаксации.	4
5	Собственная фотопроводимость	Спектральная зависимость собственной фотопроводимости, влияние на нее скорости поверхностной рекомбинации. Температурная зависимость собственной фотопроводимости.	2
6	Фототермическая фотопроводимость	Термостимулированная проводимость. Отрицательная фотопроводимость. Фототермическая спектроскопия и	4



		фотоэлектромагнитная лазерная спектроскопия.	
7	Прыжковая фотопроводимость	Прыжковая фотопроводимость в сильно легированных полупроводниках	2
8	Оптическая перезарядка локальных уровней.	Оптическая перезарядка локальных уровней в запрещенной зоне при собственном и примесном возбуждении неравновесных носителей заряда. Фотоэлектрические эффекты, обусловленные оптической перезарядкой уровней: температурное и ИК гашение фотопроводимости.	4
9	Фотоэлектромагнитный эффект	Зависимости тока короткого замыкания и фотоэлектромагнитной ЭДС от параметров полупроводников и скорости поверхностной рекомбинации. Фотоэлектромагнитный эффект как метод определения параметров полупроводников.	2
10	Фоторазогрев носителей	Осцилляции в спектрах фотопроводимости и их природа. Особенности фоторазогрева в сильно легированных и компенсированных полупроводниках.	4
	<b>Итого</b>		<b>38</b>

### 2.3. Темы практических и семинарских занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Поглощение света полупроводниками.	Распространение света в полупроводниках. Соотношение Крамерса-Кронига. Оптические константы. Виды поглощения. Форма края основного поглощения в прямозонном и непрямозонном полупроводнике. Влияние внешних факторов на край основного оптического поглощения. Примесное поглощение. Решеточное поглощение, однофононный резонанс.
2	Люминесценция полупроводников	Виды излучательных процессов. Межзонная рекомбинация. Зависимость времени жизни неравновесных носителей заряда от положения уровня Ферми, температуры и уровня возбуждения. Примесное излучение. Спонтанное и вынужденное излучение.
3	Фотопроводимость полупроводников	Фоторезистивный эффект. Собственная и примесная фотопроводимости. Биполярная и монополярная фотопроводимости. Основные параметры фотопроводимости: время ее нарастания и спада, стационарная величина и стационарное время фотопроводимости.
4	Примесная фотопроводимость.	Особенности примесной фотопроводимости. Примесная фотопроводимость, связанная с одним типом уровней. Основные механизмы рекомбинации носителей заряда и температурная зависимость

		примесной фотопроводимости. Влияние уровней прилипания на стационарную фотопроводимость и стационарные времена жизни электронов и дырок.
5	Собственная фотопроводимость.	Спектральная зависимость собственной фотопроводимости, влияние на нее скорости поверхностной рекомбинации. Температурная зависимость собственной фотопроводимости.
6	Оптическая перезарядка локальных уровней	Оптическая перезарядка примесных центров и кинетика примесной фотопроводимости. Влияние перезарядки на кинетику примесной фотопроводимости.
7	Фотоэлектромагнитный эффект	Физическое описание фотоэлектромагнитного эффекта. Фотоэлектромагнитный эффект как метод определения параметров полупроводников.
8	Фоторазогрев носителей	Фото электрический эффект и фоторазогрев носителей в полупроводниковых структурах

## 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках» применяются следующие образовательные технологии:

- Интерактивное обучение (моделирующие компьютерные программы, виртуальные учебные комплексы), мультимедийное обучение (презентации, моделирование и симуляция процессов и объектов).
- Внеаудиторная самостоятельная работа студентов.
- Промежуточная аттестация знаний студентов.

Для освоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных информационных технологий обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий.

Основными видами образовательных технологий с применением, как правило, компьютерных и технических средств, учебного и научного оборудования являются:

1. Информационные технологии.
2. Проблемное обучение.
3. Индивидуальное обучение.
4. Междисциплинарное обучение.
5. Опережающая самостоятельная работа.

Для достижения определенных компетенций при изучении дисциплины «Оптических и фотоэлектрических явлений» используются следующие формы организации учебного процесса: лекция(информационная, проблемная, лекция-визуализация, лекция-консультация и др.), практическое занятие, семинар, лабораторные работы, самостоятельная работа, консультация. Допускаются комбинированные формы проведения занятий, такие как лекционно-практические занятия.

Преподаватель самостоятельно выбирают наиболее подходящие методы и формы проведения занятий из числа рекомендованных и согласуют выбор с кафедрой.

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий и организации внеаудиторной работы (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбора конкретных ситуаций, психологических и иных тренингов) с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Интерактивное обучение – метод, в котором реализуется постоянный мониторинг освоения образовательной программы, целенаправленный текущий контроль и взаимодействие (интерактивность) преподавателя и студента в течение всего процесса обучения.

Самостоятельная работа организована в соответствии с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

1. самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
2. поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### ***Промежуточный контроль.***

В течение семестра студенты выполняют:

- домашние задания, выполнение которых контролируется и при необходимости обсуждается на практических занятиях;
- промежуточные контрольные работы во время практических занятий для выявления степени усвоения пройденного материала;
- выполнение итоговой контрольной работы по решению задач, охватывающих базовые вопросы курса: в конце семестра.

### ***Итоговый контроль.***

Зачет в конце 7 семестра, включающий проверку теоретических знаний и умение решения по всему пройденному материалу.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы, так как при записи материал значительно лучше усваивается и запоминается.

Предполагается самостоятельная работа студентов при подготовке к практическим и лабораторным занятиям, в первую очередь. Кроме того самостоятельная работа предполагает самоподготовку к контрольным работам, а также к зачету. Самостоятельная работа должна проходить в 4 этапа:

1. Изучение рекомендованной литературы
2. Поиск в Интернете дополнительного материала
3. Подготовка к контрольной работе
4. Подготовка к зачету

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Методические рекомендации преподавателям по разработке системы оценочных средств и технологий для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплинам (модулям) ООП (тематики докладов, рефератов и т.п.), а также для проведения промежуточной аттестации по дисциплинам (модулям) ООП (в форме зачетов, экзаменов, курсовых работ / проектов и т.п.) и практикам представлены в Положении «О модульно-рейтинговой системе обучения студентов Дагестанского государственного университета», утвержденном ученым Советом Даггосуниверситета.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных

программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

### **7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-7	Знать - физическую сущность оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках и их применение в различных приборах и устройствах твердотельной электроники; - методы оценки оптических и фотоэлектрических явлений;	Устный опрос, письменный опрос, контрольная работа
ОПК-1, ОПК – 2, ОПК – 6,	Уметь использовать специализированные знания в области оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с направлением подготовки «Электроника и нанoeлектроника»).	Письменный опрос
ПК-2, ПК-3	Владеть методами количественного формулирования и применения полученных знаний в области оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках. Иметь навыки исследования основных характеристик оптических и фотоэлектрических явлений	Мини - конференция

### **7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.**

## ОК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность к самоорганизации и самообразованию» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Систематизированное представление об оптических и фотоэлектрических явлениях в полупроводниках.	Ознакомлен с основными оптическими и фотоэлектрическими явлениями в полупроводниках.	Показывает знание основных оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках и их использование в конкретных ситуациях.	Демонстрирует четкие определения основных понятий и готовность к пониманию оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках.

## ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность представлять сущность оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках на основе знания законов и методов естественных наук и математики	Иметь представление о сущности оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках.	Уметь использовать основные законы физики и математики для представления и описания оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках.	Отлично знать и ориентироваться во всем многообразии оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках и их применения.

## ОПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Возможность выявлять естественнонаучную сущность проблем и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать основные проблемы в данной предметной области средства их решения	Уметь использовать результаты освоения материала, выбирать методы и средства их	Отлично знать и ориентироваться во всем многообразии оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках.

			решения	
--	--	--	---------	--

### ОПК-6

Схема оценки уровня формирования компетенции «*способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий*» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о поиске, хранении, обработке и анализе информации из различных источников в нужном формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий для изучения оптики полупроводников	Ознакомлен с основными понятиями и имеет представление о поиске, хранении, обработке и анализе информации из различных источников.	Показывает умение самостоятельно находить дополнительный материал по теме оптики полупроводников.	Отлично умеет упорядочить и сделать необходимые выводы при изучении оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках.

### ПК-2

Схема оценки уровня формирования компетенции «*способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения*»(приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично
Пороговый	Способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике методику экспериментального исследования оптических и фотоэлектрических параметров полупроводников.	Иметь представление об основных методах исследования оптических и фотоэлектрических параметров полупроводников.	Хорошо ориентироваться и знать методику экспериментального исследования оптических и фотоэлектрических параметров полупроводников.	Отлично знать и аргументированно выбирать и использовать методику экспериментального исследования параметров оптических и фотоэлектрических параметров полупроводников

### ПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «*готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций*»(приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовл - но	Хорошо	Отлично

Пороговы й	Возможность анализировать и систематизировать результаты изучения наноматериалов, их свойств и применения	Иметь представление об основных проблемах наноматериалов, мето дах и средств их решения	Уметь использовать физическую сущность процессов, происходящих в наноматериал ах	Используй ть результаты освоения материала, выбирать методы и средства их решения
---------------	--	--	--	---

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Контрольные вопросы

1. Различие металлов, полупроводников и диэлектриков с точки зрения зонной теории.
2. Что представляет собой энергетический спектр электронов в кристалле?
3. Понятие о собственных и примесных полупроводниках.
4. Функция распределения электронов.
5. В чем состоят явления термогенерации и рекомбинации носителей заряда?
6. Электропроводность полупроводников. Понятие о подвижности носителей.
7. Явление внутреннего фотоэффекта в полупроводниках.
8. Как образуются избыточные носители тока в полупроводниках под действием квантов света?
9. Что такое "темновая" электропроводность полупроводника?
10. Возможные типы переходов электронов при поглощении квантов света.
11. Характер зависимости фототока от светового потока, падающего на фотосопротивление (световая характеристика).
12. Метод исследования вольтамперных и световых характеристик фотосопротивлений в данной работе.
13. Каков физический смысл коэффициента поглощения?
14. Виды оптического поглощения в полупроводниках.
15. Понятие о прямозонных и непрямозонных полупроводниках.
16. Прямые переходы. Диаграмма взаимодействия и законы сохранения для прямых переходов.
17. Непрямые переходы. Диаграмма взаимодействия и законы сохранения для непрямых переходов.
18. Форма края собственного поглощения при прямых переходах.
19. Форма края собственного поглощения при непрямых переходах.
20. Люминесценция полупроводников.
21. Укажите область энергий фотонов, в которой обнаруживаются непрямые переходы в непрямозонном полупроводнике.
22. Какую информацию можно получить из исследований спектров собственного поглощения?
23. Как определить тип оптических переходов в полупроводнике?
24. Что такое оптическая плотность  $D$  ?
25. Как из измерений пропускания рассчитать коэффициент поглощения?
26. Закон Бугера-Ламберта.
27. Что такое внешний фотоэффект
28. Внутренний фотоэффект.
29. Удельная фоточувствительность.
30. Что связывают соотношения Крамерса-Кронига.
31. Что такое коэффициент, пропускания, поглощения.
32. Как выглядит релаксация фотопроводимости при малом уровне возбуждения.
33. В чем отличие поперечной ЭДС в фотоэлектромагнитном эффекте от ЭДС Холла.



34. Почему спектр излучения более узкий, чем спектр поглощения.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

*Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.*

Контроль освоения студентом дисциплины осуществляется в рамках модульно-рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля студенту засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен экзамен во 2-м семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

*Текущий контроль:*

- посещаемость занятий 5 баллов
- активное участие на занятиях 25 баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 5 баллов
- написание и защита рефератов 5 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 40 баллов.

*Промежуточный контроль* освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 60 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Минимальное количество средних баллов по всем модулям, которое дает право студенту на положительные отметки без итогового контроля знаний:

- от 51 до 69 балла – удовлетворительно
- от 70 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

*Итоговый контроль* по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования по балльно-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 30%, среднего балла по всем модулям 70%.

Критерии оценок следующие:

- 100 баллов – студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- 90 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- 80 баллов - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- 70 баллов - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- 60 баллов – студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.
- 50 баллов – в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- 40 баллов – ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- 20-30 баллов - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- 10 баллов - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- 0 баллов – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

***Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:***

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

*а) Основная литература:*

1. Шалимова К. В. *Физика полупроводников.* М.: Лань, 2010.
2. Воробьев Л.Е. и др. *Фотоэлектрические явления в полупроводниковых и размерно-квантовых структурах.* СПб, 2001.

3. Уханов Ю.И. *Оптические свойства полупроводников*. М.: Мир, 1977.
4. Зегря Г.Г., Перель В.И. *Основы физики полупроводников*. М.: Физматлит, 2009.

б) *Дополнительная литература:*

1. Бонч-Бруевич В. Л., Калашиников С. Г. *Физика полупроводников*. М., Наука 2-е издание. 1990.
2. Кардона П. Ю. *Введение в физику полупроводников*. - М.: Физматлит, 2002.
3. Панков Ж. *Оптические процессы в полупроводниках*. М.: Мир, 1973.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
3. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредагентства ([www.fero.ru](http://www.fero.ru)).
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
7. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия
8. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
9. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины..

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

### ***Работа на лекции***

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является непременным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуется волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы

следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную "маркографию"(значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используй не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

### ***Подготовка к сессии***

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно - экзаменационной сессией. Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

### ***Методические рекомендации для преподавателя***

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине, является выработка у бакалавров осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для дальнейшей работы их инженерами-исследователями, при организации современного производства высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;

- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием наглядных пособий и раздаточных материалов; метод «мозгового штурма», индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями СТП. С целью более эффективного усвоения бакалаврами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных занятий использовать наглядные пособия и раздаточные материалы. Для более глубокого изучения предмета бакалаврам представляется информация о возможности использования Интернет-ресурсов по разделам дисциплины.

Для контроля знаний бакалавров по данной дисциплине необходимо проводить рубежный и итоговый контроль.

Рубежный контроль. Бакалаврами по изученной дисциплине выполняются реферативные работы, доклады.

Контрольное тестирование. Этот метод включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце семестра.

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины.

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Организация деятельности студента</b>
----------------------------	--

Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практических работах.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Кроме того, приветствуется поиск информации по теме реферата в Интернете, но с обязательной ссылкой на источник, и подразумевается не простая компиляция материала, а самостоятельная, творческая, аналитическая работа, с выражением собственного мнения по рассматриваемой теме и грамотно сделанными выводами и заключением. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций. Использование анимированных интерактивных компьютерных демонстраций и практикумов-тренингов по ряду разделов дисциплины.

### ***Интернет ресурсы:***

1. [www.elsevierscience.ru](http://www.elsevierscience.ru)
2. [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
3. [www.window.edu.ru](http://www.window.edu.ru)
4. [www.nisrussia.ru](http://www.nisrussia.ru)
5. [www.neicon.ru](http://www.neicon.ru)
6. [www.springerlink.cjm.journals](http://www.springerlink.cjm.journals)
7. [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) - Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online».
8. [www.iqlib.ru](http://www.iqlib.ru) - Интернет-библиотека образовательных изданий, в который собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия.

## **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Материально – техническая база кафедры экспериментальной физики, которая осуществляет подготовку по направлению 11.03.04 «**Электроника и наноэлектроника**», позволяет готовить бакалавров, отвечающих требованиям ФГОС. На кафедре имеются 3 учебных и 5 научных лабораторий, оснащенных современной технологической, измерительной и диагностической аппаратурой; в том числе функционирует проблемная НИЛ «Твердотельная электроника». Функционируют специализированные учебные и научные лаборатории: Физика и технология керамических материалов для твердотельной электроники, Физика и технология тонкопленочных структур, Электрически активные диэлектрики в электронике, Физическая химия полупроводников и диэлектриков.

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным проекционным оборудованием и интерактивной доской.