



**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы учебной дисциплины**  
**Б1.В.02 ВВЕДЕНИЕ В ФИЗИКУ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**  
**Направление подготовки бакалавриата 03.03.02 Физика**

1.	<b>Цель изучения дисциплины</b> Целями освоения дисциплины (модуля) Б1.В.02 «Введение в физику полупроводников» являются дать студентам базовые знания по основным разделам физики полупроводников: об атомной структуре, электронных свойствах и основных физических явлениях в полупроводниках и полупроводниковых структурах. Курс позволяет обеспечить формирование базовых знаний по физике полупроводников, полупроводниковым технологиям и принципам действия полупроводниковых приборов.			
2.	<b>Место дисциплины в структуре ОПОП ВО бакалавриата</b> Дисциплина «Введение в физику полупроводников» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре. Для освоения дисциплины «Введение в физику полупроводников» используются знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения цикла «Общая физика», предметов «Физика твердого тела», «Физика конденсированного состояния» на предыдущем уровне образования, а также студентами в ходе изучения дисциплин: «Математический анализ», «Практический курс элементарной физики», «Информатика».			
3	<b>3. Результаты освоения дисциплины (модуля) - Электричество и магнетизм</b>			
	Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
	УК-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	УК-6.1. Использует инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей;	<b>Знать</b> основные приемы эффективного управления собственным временем; основные методики самоконтроля, саморазвития и самообразования на протяжении всей жизни
			УК-6.2. Определяет приоритеты собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста;	<b>Уметь</b> эффективно планировать и контролировать собственное время; использовать методы саморегуляции, саморазвития и самообучения
			УК-6.3. Оценивает требования рынка труда и предложения образовательных услуг для выстраивания траектории собственного профессионального роста;	<b>Владеть</b> методами управления собственным временем; технологиями приобретения, использования и обновления социокультурных и профессиональных знаний, умений и навыков; методиками саморазвития и самообразования в течение всей жизни
	ПК-4	Способность проводить научные исследования в избранной области эксперимен-	ПК-4.1. Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной	Знать атомную структуру и элементы симметрии основных полупроводников, методы определения ос-



		<p>тальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта</p>	<p>деятельности.</p> <p>ПК-4.2 Умеет выбирать наиболее эффективные методы для проведения научных исследований.</p> <p>ПК-4.3 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности</p>	<p>новых параметров полупроводников; основы зонной теории кристаллических твердых тел; Уметь определять основные типы кристаллических решеток, находить элементы симметрии кристалла; определять экспериментально тип носителей заряда.</p>
	ПК-5	<p>Способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований.</p>	<p>ПК-5.1. Умеет использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения профессиональных дисциплин и решения профессиональных задач.</p> <p>ПК-5.2. Анализирует научные данные, результаты экспериментов и наблюдений в соответствующей области знаний.</p>	<p>Владеть основными понятиями физики твердого тела и физики полупроводников; информацией об основных свойствах важнейших полупроводников</p>
4.	<p><b>4.2. Содержание дисциплины (модуля)</b></p> <p><b>4.2. Содержание дисциплины (модуля)</b></p> <p><b>Программа и основное содержание лекций (36 часа)</b></p> <p>Раздел 1. Атомная структура полупроводников</p> <p>Симметрия кристаллов. Трансляционная симметрия кристаллов. Пространственная решетка, базис, кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Прimitивная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Дифракционные методы определения атомной структуры. Условие Брэгга. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна. Структура важнейших полупроводников: Ge, Si, GaAs. Дефекты структуры в кристаллах.</p> <p>Раздел 2. Колебания решетки</p> <p>Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Теплоёмкость кристаллической решетки. Экспериментальные методы изучения колебаний решетки: поглощение и комбинационное рассеяние света, рассеяние нейтронов.</p> <p>Раздел 3. Основы зонной теории полупроводников</p> <p>Переход от дискретных атомных уровней к энергетическим зонам в кристаллах. Основные приближения зонной теории. Волновая функция электрона в периодическом поле кристалла; теорема Блоха. Зона Бриллюэна. Образование разрешенных и запрещенных зон в приближениях сильно и слабо связанных электронов. Закон дисперсии, эффективная масса, изоэнергетические поверхности. Плотность состояний. Уравнения движения электронов и дырок во внешних полях. Метод эффективной массы. Энергетические зоны в электрическом поле. Движение электронов и дырок в магнитном поле. Определение эффективных масс из циклотронного резонанса. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупро-</p>			



водниках. Водородоподобные доноры и акцепторы. Глубокие примесные уровни.

Раздел 4. Энергетические зоны в электрическом поле.

Энергетические зоны в электрическом поле. Движение электронов и дырок в магнитном поле. Определение эффективных масс из циклотронного (диамагнитного) резонанса. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Водородоподобные примесные центры. Глубокие примесные уровни.

Раздел 5. Равновесная статистика электронов и дырок в полупроводниках

Функция распределения электронов. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории. Концентрация электронов и дырок в зонах, эффективная плотность состояний. Невырожденный и вырожденный электронный (дырочный) газ. Концентрации электронов и дырок на локальных уровнях. Определение положения уровня Ферми из уравнения электронейтральности. Положение уровня Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок в собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках.

Раздел 6. Поверхностные и контактные явления в полупроводниках

Работа выхода и электронное сродство. Поверхностные электронные состояния. Изгиб зон, распределение заряда и потенциала вблизи поверхности. Обедненные и обогащенные слои пространственного заряда. Контакт металл-полупроводник. Вольтамперная характеристика барьера Шоттки. Энергетическая диаграмма р-п перехода. Диффузионный и дрейфовый токи в р-п переходе. Вольтамперная характеристика р-п перехода. Инжекция неосновных носителей заряда в рп переходе. Туннельный диод. Биполярный транзистор. Гетеропереходы. Энергетические диаграммы гетеропереходов. Варизонные полупроводники. Структура металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Инверсионные слои в МДП-структурах. Полевой транзистор.

Раздел 7. Кинетические явления в полупроводниках

Характер движения носителей заряда в полупроводниках. Диффузия и дрейф. Тепловая и дрейфовая скорости. Коэффициент диффузии и подвижность, их связь со средним временем между 7 столкновениями. Соотношение Эйнштейна. Основные кинетические явления: проводимость, эффект Холла и термо-ЭДС.

### **Программа практических и лабораторных занятий (54 часа)**

Практические занятия

1. Глубокие примесные уровни в полупроводниках.
2. Частично компенсированные полупроводники.
3. Дефекты в полупроводниках.
4. Изменение концентрации электронов и  $\sigma$  при освещении.
5. Рекомбинация носителей заряда
6. Уровни прилипания, дефекты в полупроводниках и их влияние на процессы рекомбинации
7. Диффузия электронов и дырки в невырожденных полупроводниках
8. Определение неравновесной концентрации носителей заряда при неоднородной генерации.
9. Диффузия электронов и дырок в невырожденных полупроводниках.
10. Диффузия электронов и дырок в полупроводниках во внешнем электрическом поле
11. Объемный заряд в приповерхностном слое полупроводника
12. Работа выхода носителей заряда из полупроводника

Лабораторные работы

1. Определене типа электропроводности полупроводников.
2. Определение ширины запрещенной зоны собственного полупроводника.
3. Расчет температурной зависимости ширины запрещенной зоны собственного полупровод-



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет»  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ факультет**

	ника. 4.Расчет температурной зависимости электронов и дырок в собственном полупроводнике. 5.Расчет температурной зависимости уровня Ферми собственного полупроводника. 6.Расчет температурной зависимости уровня Ферми донорного полупроводника. 7. Расчет температурной зависимости уровня Ферми акцепторного полупроводника																											
5.	Образовательные технологии																											
	Семестр	Вид занятия (л, пр, лр)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество Часов																								
	8	Л	Презентации	8																								
		ПР	Презентации, обучающее тестирование	4																								
		ЛР																										
	ИТОГО:			12																								
6.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)																											
	<table><tr><th>Название ресурса</th><th>Ссылка/доступ</th></tr><tr><td>Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»</td><td><a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a></td></tr><tr><td>«Образовательный ресурс России»</td><td><a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a></td></tr><tr><td>Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА</td><td><a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a></td></tr><tr><td>Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)</td><td><a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a></td></tr><tr><td>Русская виртуальная библиотека</td><td><a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a></td></tr><tr><td>Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»</td><td><a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a></td></tr><tr><td>Научная электронная библиотека «e-Library»</td><td><a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a></td></tr><tr><td>Электронно-библиотечная система IPRbooks</td><td><a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a></td></tr><tr><td>Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»</td><td><a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a></td></tr><tr><td>Информационно-правовая система «Гарант»</td><td>Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ</td></tr><tr><td>Электронно-библиотечная система «Юрайт»</td><td><a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a></td></tr></table>				Название ресурса	Ссылка/доступ	Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>	«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>	Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>	Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>	Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>	Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>	Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>	Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>	Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ	Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>
Название ресурса	Ссылка/доступ																											
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>																											
«Образовательный ресурс России»	<a href="http://school-collection.edu.ru">http://school-collection.edu.ru</a>																											
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	<a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>																											
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	<a href="http://fcior.edu.ru">http://fcior.edu.ru</a>																											
Русская виртуальная библиотека	<a href="http://rvb.ru">http://rvb.ru</a>																											
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	<a href="http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm">http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm</a>																											
Научная электронная библиотека «e-Library»	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>																											
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>																											
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информо»	<a href="http://www.informio.ru">http://www.informio.ru</a>																											
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ																											
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://www.biblio-online.ru">https://www.biblio-online.ru</a>																											
	Формы текущего контроля																											
7.	Работа у доски; контрольные, самостоятельные работы. Допуск к лабораторной работе и защита отчета.																											
8	Форма промежуточного контроля - Экзамен																											

**Разработчик:** доцент кафедры «Физика» Нальгиева М. А.