

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«АМВРОСИЕВСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»



**МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА**

теоретического занятия

по теме:

**«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ»**

по дисциплине

**ОДП.08 ФИЗИКА**

специальность 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических  
процессов и производств (по отраслям)

Амвросиевка, 2024

Методическая разработка открытого занятия по теме: «Электрический ток в полупроводниках» по ОДП.08Физика для студентов специальности: 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)

Подготовила: Лиманенко С.А. – специалист первой квалификационной категории, преподаватель ГБПОУ «Амвросиевский индустриальный колледж» – 2023.

В методической разработке открытого занятия по теме: «Электрический ток в полупроводниках» по ОДП.08Физика изложена методика проведения интерактивной лекции, с использованием дидактических игр и интерактивных приёмов.

Для преподавателей МДК 01.01. Анализ решений выбора ПО специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)

Рецензенты:

Варавина Н.П., методист, специалист высшей категории ГБПОУ «Амвросиевский индустриальный колледж»

Рассмотрена и одобрена на заседании цикловой технологических дисциплин  
Протокол № 3 от 10.10.2023г.

Заместитель директора по учебной работе

Т.А. Кожемяк

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Введение	4
2. Обоснование темы	6
3. Организационно-методические указания	8
4. План занятия	10
5. Структура занятия	12
6. Ход занятия	19
Приложения	42

## **ВВЕДЕНИЕ**

Физика является одним из самых важных предметов в учебной программе студентов среднего специального образования. Ее значение исчерпывается не только в простом усвоении формул и законов, но и в развитии у студентов целого комплекса навыков и качеств, которые применимы в реальной жизни.

Прежде всего, изучение физики помогает студентам развить аналитическое мышление и логическое мышление. В процессе решения задач и проведения экспериментов, студенты учатся анализировать информацию, находить причинно-следственные связи, а также синтезировать полученные данные для решения сложных задач. Эти навыки будут полезны им не только в области науки, но и во всех сферах жизни.

Для студентов, обучающихся по специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) физика становится неотъемлемой частью их образования, так как она обеспечивает необходимые знания и навыки для успешного освоения данной профессии.

Физика помогает студентам понять и объяснить законы и принципы функционирования различных автоматизированных систем технологических процессов и производств. Она обучает студентов применять физические принципы и законы для оптимизации работы этих систем, повышения их эффективности и экономности.

Профессия, связанная с оснащением средствами автоматизации технологических процессов и производств, предполагает использование различных современных технологий и устройств. Но без понимания базовых физических законов студенты не смогут осуществлять правильное программирование и настройку таких систем. Ведь именно физические принципы лежат в основе работы множества устройств и механизмов.

Физика также помогает студентам разрабатывать и совершенствовать новые технологии автоматизации. С ее помощью они могут оценить

эффективность новых разработок, проанализировать физические параметры и учитывать погрешности в работе систем.

Кроме того, знание физики позволяет студентам понять причины возникновения и решить проблемы, связанные с энергосбережением и оптимизацией энергетических процессов в автоматизированных системах. Физические принципы и законы помогают анализировать и оптимизировать эффективность работы системы под различными условиями.

Таким образом, физика является неотъемлемой частью учебной программы студентов среднего специального образования и имеет огромное значение для их развития. Она помогает формировать аналитическое и техническое мышление, развивает наблюдательность и творческое мышление, а также способствует формированию системного подхода к познанию мира.

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕМЫ

Изучение темы «Электрический ток в полупроводниках» является одной из ключевых тем для студентов специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям) и может принести значительную пользу в будущей профессиональной деятельности.

Полупроводниковая электроника вышла на передний план в индустрии и нашла широкое применение во множестве областей, таких как мобильные устройства, компьютеры, автомобильная промышленность, энергетика и другие.

Изучение электрического тока в полупроводниках позволяет студентам освоить принципы работы полупроводниковых приборов, таких как диоды, транзисторы и интегральные микросхемы. Благодаря этому, студенты смогут понять принципы функционирования современных электронных устройств, а также научиться их проектировать, ремонтировать и обслуживать.

Знание этой темы позволит студентам разрабатывать автоматические системы и управлять их работой, а также решать проблемы, связанные с энергопотреблением и эффективностью современных технологических процессов.

Так же изучение электрического тока в полупроводниках имеет широкие перспективы для применения в исследовательской и инновационной деятельности. Развитие новых материалов и технологий в области полупроводниковой электроники требует специалистов, глубоко понимающих принципы работы электрического тока в полупроводниках. Именно поэтому изучение этой темы становится неотъемлемой частью образования и подготовки студентов данной специальности.

Во время занятия запланировано формирование таких способностей у студентов ПК, ОК:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ПК 4.1. Контролировать текущие параметры и фактические показатели работы систем автоматизации в соответствии с требованиями нормативно технической документации для выявления возможных отклонений.

ПК 4.3. Организовывать работы по устранению неполадок, отказов оборудования и ремонту систем в рамках своей компетенции.

Представленная методическая разработка по теме: «Электрический ток в полупроводниках» по ОДП.08Физика (специальность 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)) может оказать помощь преподавателям при подготовке к проведению лекционного занятия с использованием игровых технологий при закреплении нового материала по ходу лекции.

## ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для активизации познавательного интереса у обучающихся к изучаемому материалу на занятии применяются педагогические технологии: объяснительно – иллюстративный метод, практический метод; фронтальная форма организации урока; материально – техническое оснащение – доска, учебники, дидактический материал, раздаточный материал, презентация.

Цель использования образовательной технологии:

- усиление интеллектуальных возможностей обучающихся в информационном обществе;
- формирование умений работать с информацией.

Результат использования:

- повышается умение самостоятельно конструировать свои знания, ориентироваться в информационном пространстве, уметь увидеть, сформулировать и решить проблему;
- повышается эффективность и качество процесса обучения.
- осуществляется эффективно индивидуальный контроль знаний обучающихся.

В начале занятия следует повторить виды полупроводников и их предназначение, подчеркнуть их взаимосвязь.

Моделирование физических явлений при решении задач приводит к ошибочному восприятию у обучающихся реальных процессов. Поэтому необходимо четко определить границы применимости закона на примерах. С этой целью выбраны задачи.

Решение задач носит исследовательский характер, а способ их решения доступен обучающимся. Он позволяет обеспечить сознательное усвоение материала, учит обучающихся последовательному и целенаправленному рассмотрению процессов.



С целью осуществления быстрой обратной связи с обучающимися на этапе проверки домашнего задания планируются письменные упражнения, который является также подготовкой к решению задач.

Для активизации мыслительной деятельности обучающихся предполагается вступительное слово преподавателя – вводный инструктаж.

С целью проверки глубины и полноты усвоения материала, сущности новых понятий планируется решение качественных и количественных задач по алгоритму, а так же решение тестов.

Для закрепления изученного материала обучающимся даётся домашнее задание закрепляющего характера, предполагающее изучение записей в тетради и решение задач.

В заключении планируется подведение итогов занятия с привлечением обучающихся, выясняется степень достижения целей занятия, выставление оценок.

## ПЛАН ЗАНЯТИЯ

Преподаватель: Лиманенко С.А.

Дисциплина: ОДП.08 Физика

Группа: А-12

Количество студентов по списку: 20

Тема занятия: «Электрический ток в полупроводниках».

Цели занятия:

методическая: показать методику проблемно – поискового обучения на занятиях физики;

дидактическая: сформировать и закрепить понятия полупроводник, выявить особенности носителей заряда в полупроводниках;

воспитательная: развивать культуру общения и культуру ответа на вопросы; повышать познавательную активность; воспитывать положительный интерес к изучаемому предмету;

развивающая: вырабатывать умение мыслить, делать выводы, применять теоретические знания для решения задач; подчеркнуть взаимосвязь с другими науками: химией, математикой, проводить анализ и сравнение, делать необходимые выводы.

Вид занятия: интерактивная лекция.

Тип занятия: формирование и закрепление знаний, умений и навыков.

Методы и формы проведения занятия: частично – поисковый, фронтальный опрос, решение задач, эксперимент, работа в малых группах.

Междисциплинарные связи:

Обеспечивающие: ЕН.01 Математика, ОДБ.13 Химия

Обеспечиваемые: ОП.11 Электротехника и основы электроники, ОП.12 Типовые элементы и устройства систем автоматизации, МДК 01.01 Осуществление выбора оборудования, элементной базы, монтажа и наладки модели элементов систем автоматизации на основе разработанной технической документации, МДК 02.01 Осуществление выбора оборудования, элементной

базы, монтажа и наладки модели элементов систем автоматизации на основе разработанной технической документации.

Методическое обеспечение: рабочая программа учебной дисциплины ОДП.08 Физика, план занятия, методическая разработка занятия, мультимедийная презентация, видеофрагменты, методический материал (тесты, опорные конспекты, учебная карточка), справочные материалы.

Техническое обеспечение: компьютер, мультимедийный проектор.

Литература:

Обязательная:

1. Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – 3-е изд. - М.: Просвещение, 2017. – 416с.

2. Дмитриева В. Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. Ф. Дмитриева. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2017. — 448с.

3. А.П. Рымкевич «Физика. Сборник задач по физике для 10-11 классов»: учеб. для общеобразоват. учреждений –М.: Дрофа, 2013.- 384с.

4. Сауров Ю. А. Физика. Поурочные разработки. 10 класс: пособие для общеобразоват. организаций / Ю. А. Сауров. — 3-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 2015. — 272 с. — (Классический курс). — ISBN 978-5-09-028185-0.

5. Методические рекомендации по организации обучения (разработка дидактических материалов) по общеобразовательной дисциплине «Физика» МОСКВА ИРПО 2022

Дополнительная:

<http://electricalschool.info/>

<http://ru.wikipedia.org/>

## СТРУКТУРА ЗАНЯТИЯ

1. Организационная часть	2 мин
2. Основная часть:	
2.1 Актуализация опорных знаний	13 мин.
2.2 Сообщение темы и цели	3 мин
2.3 Мотивация образовательной деятельности	5 мин.
2.4. Изложение и изучение нового материала (лекция)	
2.4.1 Понятие полупроводника	7 мин
2.4.2 Строение полупроводников	7 мин
2.4.3 Собственная проводимость полупроводников	7 мин
2.4.4 Примесная проводимость полупроводников	10 мин
2.4.5 Электронно – дырочный переход	8 мин
2.4.6. Применение полупроводников	8 мин
2.5 Контроль усвоения студентами учебного материала	
2.5.1 Решение качественных и количественных задач	15 мин
3. Заключительная часть:	
3.1 Подведение итогов занятия	3 мин
3.2 Домашнее задание	2 мин

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УРОКА

<b>Тема занятия</b>	<i>Электрический ток в полупроводниках.</i>
<b>Цели</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Получить представления о природе электрического тока в полупроводниках, видах проводимости полупроводников, зависимости проводимости полупроводников от температуры и освещенности;</li> <li>- Изучить устройство и принцип работы полупроводникового диода;</li> <li>- Изучить назначение и применение полупроводниковых приборов.</li> </ul>
<b>Содержание темы</b>	<p>Строение полупроводников. Собственная и примесная проводимость, донорная и акцепторная примеси, полупроводники р- и n-типов. Электронно – дырочный переход. Назначение и применение полупроводников.</p> <p><b>Является основой для изучения общепрофессиональных дисциплин и междисциплинарных курсов:</b> ОП.11 Электротехника и основы электроники, ОП.12 Типовые элементы и устройства систем автоматизации</p> <p>МДК 01.01 Осуществление выбора оборудования, элементной базы, монтажа и наладки модели элементов систем автоматизации на основе разработанной технической документации , МДК 02.01 Осуществление выбора оборудования, элементной базы, монтажа и наладки модели элементов систем автоматизации на основе разработанной технической документации</p> <p><b>способствуют формированию общих компетенций:</b> ОК 01, ОК 02, ОК 03, ОК 04, ОК 05, ОК 07.</p> <p><b>способствуют формированию профессиональных компетенций:</b> ПК 4.1 , ПК 4.3</p>
<b>Тип занятия</b>	Комбинированное занятие
<b>Формы организации учебной деятельности</b>	Фронтальная; индивидуальная; групповая

Этапы занятий	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов	Планируемые образовательные результаты	Типы оценочных мероприятий
<b>1.Организационный этап занятия</b>				
<b>Создание рабочей</b>	Приветствует группу и проводит переключку. Проверяет готовность обучающихся к уроку	<i>Приветствуют преподавателя.</i>		

обстановки	Прогнозируемый результат: Выявлены отсутствующие студенты, группа готова к работе			
<b>Актуализация мотивов учебной деятельности и установок на восприятие, осмысление</b>	<p><b>1. Организует проведение фронтального опроса в форме игры «Пенальти».</b>  Распределяет роли: две группы будут играющими командами, третья группа – арбитры.  Объясняет правила: игроки двух команд по очереди дают задания команде-сопернику и выполняют их задания, как бы забивая пенальти.  Преподаватель предлагает командам карточки – помощники для оптимизации формулирования заданий.  Содержание карточки-помощника 1 команды:  1) <i>Какие вещества называются проводниками?</i>  2) <i>Чем вызвано различие электрических свойств проводников и диэлектриков?</i>  3) <i>Почему одни вещества проводят ток, другие нет?</i>  4) <i>Что является носителями зарядов в проводниках</i>  Содержание карточки-помощника 2 команды:  1) <i>Какие вещества называются диэлектриками?</i>  2) <i>Вспомните, как называются заряды в диэлектриках?</i>  3) <i>Существует ли электрическое поле внутри проводника?</i>  4) <i>Постройте вектор напряжённости на рисунке ...</i>  <b>2. Подводит итоги игры, благодарит студентов за активное участие</b></p>	<p>1. Делятся на 3 группы. Осмысливают правила игры. Команды играют, формулируют задания и выполняют задания команды-соперника. Арбитры контролируют правильность ответов, при необходимости – отвечают и дополняют.</p> <p>2. Арбитры сообщают счёт игры и называют наиболее эффективных игроков.</p>	<p>Элементы  ОК 01.  ОК 03.  ОК 04.  ОК 05.</p>	<p>Устный фронтальный опрос</p>
<b>Подготовка к</b>	<b>1. Демонстрирует плакат на доске, с</b>	1. Формулируют тему и цели урока.	Элементы	Устный

<b>изучению нового материала</b>	<p><b>изображенными радиоустройствами, телевизорами, компьютерами.</b></p> <p>Фиксирует внимание обучающихся на малых размерах приборов и их широкому применению в современной жизни. Просит обучающихся сформулировать тему и цели урока, а также обсудить критерии достижения целей</p> <p>2) Разъясняет порядок работы, критерии оценки работы студентов на уроке; рейтинговые баллы.</p>	Участвуют в обсуждении критериев достижения целей	<p>ОК 01. ОК 03. ОК 04. ОК 05.</p>	фронтальный опрос
<b>2. Основной этап занятия</b>				
<b>Формирование новых знаний и способов деятельности</b>	<p><b>1. Объясняет особенности полупроводников.</b></p> <p>Показывает место атомов полупроводников в таблице Менделеева.</p> <p>Просит обучающихся определить валентности атомов кремния, галлия, фосфора.</p> <p><b>2 Обращает внимание обучающихся на сильную зависимость сопротивления полупроводников от температуры.</b></p> <p><b>Проводит опыты «Нагревание полупроводника», «Освещение светом полупроводника».</b></p> <p>На основании проделанных опытов делают вывод, что свойства полупроводников зависят от их внутреннего строения.</p> <p><b>3. Предлагает обучающимся выяснить, благодаря каким особенностям строения полупроводники обладают таким свойством.</b> Задаёт вопрос: В чём причина изменения сопротивления, перехода вещества из состояния диэлектрика в проводящее</p>	<p>1. Записывают в тетради определение полупроводников.</p> <p>Перечисляют вещества, являющиеся полупроводниками: кремний, германий, галлий и др.</p> <p>Определяют валентности.</p> <p>2. Наблюдают опыт. Чертят схему цепи. Фиксируют свои наблюдения, участвуют в объяснении, фиксируют выводы в тетрадях</p> <p>3. Отвечают на вопросы.</p>	<p>Элементы</p> <p>ОК 01. ОК 03. ОК 04. ОК 05. ОК 07.</p> <p>ПК 4.1 , ПК 4.3</p>	

	<p>состояние? С чем это может быть связано? Откуда же берутся дополнительные носители заряда, почему их становится больше.</p> <p><b>4. Объясняет строение полупроводников, что такое собственная проводимость полупроводников.</b></p> <p>Задаёт вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Какие частицы являются носителями тока в полупроводниках?</li> <li>- Каков механизм образования дырок в полупроводниках?</li> <li>- Как будет себя вести дырка при наличии электрического поля в полупроводнике?</li> <li>- Сравните число свободных электронов и дырок в чистом полупроводнике?</li> <li>- Почему собственная проводимость полупроводников называется электронно-дырочной?</li> </ul> <p><b>5.Физкультминутка.</b></p> <p><b>6. Делит обучающихся на пары. Пары получают задание.</b></p> <p>Используя §110, сделайте краткий конспект:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Строение полупроводника с примесью</li> <li>2) Соотношение числа свободных электронов и дырок</li> <li>3) Название примеси</li> <li>4) Тип проводимости</li> <li>5) Тип полупроводника.</li> </ol> <p>Каждая нечётная пара получает задание изучить примесь большей валентности; каждая чётная пара – примесь меньшей валентности.</p> <p><b>7. Организует обсуждение и освоение обучающимися каждого типа</b></p>	<p>4. В тетрадях фиксируют строение кремния.</p> <p>Предлагают сопоставить образование и движение дырок в полупроводниках с появлением свободных стульев в аудитории.</p> <p>Предполагают; демонстрируют механизм движения дырки, пересаживаясь со стула на стул.</p> <p>Отвечают на вопросы.</p> <p>5. Выполняют упражнения</p> <p>6. Делают конспект.</p> <p>7. Представляют результаты работы. Завершают заполнение конспекта. Отвечают на вопросы.</p>		<p>Индивидуальный опрос</p> <p>Взаимоконтроль</p>
--	---	--	--	---



	<p><b>проводимости.</b>          Задаёт контрольные вопросы:          - Дайте определение примесной проводимости?          -Какую примесь нужно ввести, чтобы получить полупроводник n – типа, p – типа?          -Какие примеси называются донорными, акцепторными?          - Какие носители зарядов являются основными в полупроводнике с акцепторной примесью, с донорной примесью?  <b>8. Ставит вопрос:</b>          - Что произойдет, если соединить полупроводник p-типа и полупроводник n-типа?          Объясняет понятие о p -n-переходе, определение полупроводникового диода, ВАХ полупроводникового диода. Применение полупроводников.</p>	8. Отвечают на вопросы. Фиксируют в тетрадах: условие протекания тока через p-n-переход; определение полупроводникового диода, ВАХ полупроводникового диода		
<b>Закрепление изученного материала</b>	<p><b>1. Организует решение задач.</b>  <b>2. Проводит выборочный контроль решений. Организует обсуждение решений задач</b>  <b>3. Обобщение усвоенного материала «Тест» (Приложение 1)</b>          Учащиеся получают задание выбрать из предложенных вариантов правильный ответ.</p>	<p>1. Решают задачи          2. Участвуют в обсуждении.          3. Проходят тестирование          Выполняют самопроверку заданий.</p>	<p>Элементы          ОК 01.          ОК 03.          ОК 04.          ОК 05.          ОК 07.          ПК 4.1 ,          ПК 4.3</p>	Письменный индивидуальный контроль
<b>3. Заключительный этап занятия</b>				
<b>Подведение итогов работы</b>	<p><b>1. Подводит итоги, связывая результаты урока с его целями.</b> Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности обучающихся на уроке и каждой группы. Предлагает студентам оценить свою</p>	<p>1. Проводят самоанализ приобретенных знаний, умений и навыков. Оценивают свою работу по критериям</p>	<p>Элементы          ОК 01.          ОК 03.          ОК 04.          ОК 05.</p>	

	<p>работу согласно критериям, озвученным на уроке.</p> <p><b>2. Организует рефлексию.</b></p> <p><b>3. Выставляет оценки за работу на уроке,</b> комментируя их на основе разработанных в начале урока критериев</p>	2 Рефлексируют	<p>ОК 07.</p> <p>ПК 4.1 , ПК 4.3</p>	
<b>4. Задания для самостоятельного выполнения</b>				
	<p>Домашнее задание:</p> <p>§110. Решить задачи А1-А2, С1. стр.371</p> <p>Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой – 3-е изд., – М.: Просвещение, 2017. – 416 с.</p> <p><i>Для мотивированных обучающихся: подготовить доклад «Применение полупроводниковых приборов»</i></p>	Записывают домашнее задание	<p>Элементы</p> <p>ОК 01. ОК 03. ОК 04. ОК 05. ОК 07.</p> <p>ПК 4.1, ПК 4.3</p>	

# **ХОД ЗАНЯТИЯ**

## **1. Организационная часть**

Создание рабочей обстановки. Преподаватель приветствует студентов, проверяет отсутствующих, проверяет готовность группы к занятию, проводит психоэмоциональный настрой студентов.

## **2. Основная часть**

### **2.1 Актуализация опорных знаний**

Для занятия необходимо вспомнить некоторые моменты из предыдущих тем.

Преподаватель организует проведение фронтального опроса в форме игры «Пенальти».

В качестве домашнего задания были заданы вопросы, на которые студенты должны были подготовить ответы. Вся группа поделена на 3 группы: две группы будут играющими командами, третья группа – арбитры.

Игроки двух команд по очереди дают задания команде-сопернику и выполняют их задания, как бы забивая пенальти.

Арбитры ведут счёт и оценивают правильность ответа. Если команда не даёт ответ, либо ответ неверен, то арбитры отвечают сами.

Преподаватель предлагает командам карточки – помощники для оптимизации формулирования заданий.

#### **Содержание карточки-помощника 1 команды:**

- 1) Какие вещества называются проводниками?
- 2) Чем вызвано различие электрических свойств проводников и диэлектриков?
- 3) Почему одни вещества проводят ток, другие нет?
- 4) Что является носителями зарядов в проводниках?

#### **Содержание карточки-помощника 2 команды:**

- 1) Какие вещества называются диэлектриками?
- 2) Вспомните, как называются заряды в диэлектриках?
- 3) Существует ли электрическое поле внутри проводника?

4) Постройте вектор напряжённости на рисунке.

Подводит итоги игры, благодарит студентов за активное участие.

## 2.2 Сообщение темы и цели

Для определения темы и целей нашего занятия, предлагаю вам обратить внимание на плакат, размещенный на доске. Что на нем изображено? Мы видим радиоустройства, телевизоры и компьютеры, планшеты, мобильный телефон и т.д.



На сколько часто вы используете все эти устройства в повседневной жизни? Они уже стали неотъемлемой частью нашего обыденного быта.

Раньше, в электротехнике и радиотехнике использовались исключительно проводники и диэлектрики. Из-за этого было затруднительно создать компактные и экономичные радиоустройства, которые мы привыкли видеть сегодня.

Однако положение существенно изменилось с открытием полупроводниковых веществ. Большинство современных устройств становятся все более миниатюрными и функциональными благодаря использованию новых материалов и процессов.

Характеристики этих веществ не позволяют назвать их идеальными проводниками, но и не помещают их в категорию диэлектриков. Они получили название полупроводников.

В настоящее время все радиоустройства сделаны с использованием полупроводниковых элементов. Интерес человечества сосредоточен на возможности использования полупроводников в электрических цепях, а также на особенностях протекания электрического тока через них.

Таким образом, наше занятие будет посвящено изучению электрического тока в полупроводниках.

Исходя из всего вышесказанного давайте сформулируем цель нашего занятия:

- изучить особенности строения полупроводников;
- выявить отличия полупроводников от проводников, диэлектриков;
- рассмотреть области применения, и какие особенности строения полупроводников открыли им доступ во все радиоустройства, телевизоры, компьютеры.

### **2.3 Мотивация образовательной деятельности**

Зачем Вам как будущим специалистам знания в этой области?

Во-первых, изучение электрического тока в полупроводниках позволяет понять и оценить основные принципы функционирования их электронных устройств. С помощью полупроводниковых элементов создаются микросхемы, транзисторы, диоды и другие устройства, которые широко применяются в современной электронике. Это позволяет сделать нашу жизнь более комфортной и удобной, обеспечивая надежную работу различных электронных устройств.

Во-вторых, изучение электрического тока в полупроводниках способствует разработке новых материалов и технологий в области энергетики. Например, солнечные батареи, использующие полупроводниковые материалы, в настоящее время являются одним из наиболее эффективных источников возобновляемой энергии. Глубокое понимание принципов электрического тока в полупроводниках позволяет находить новые способы повышения эффективности и устойчивости таких систем.

Будущим специалистам в области науки и техники необходимо обладать глубокими знаниями в этой сфере, чтобы быть на переднем крае технологического развития и способствовать новым инновациям.

## **2.4 Изложение и изучение нового материала (лекция)**

### **План**

1. Понятие полупроводника.
2. Строение полупроводников.
3. Собственная проводимость полупроводников.
4. Примесная проводимость полупроводников.
5. Электронно – дырочный переход.
6. Применение полупроводников.

### **2.4.1 Понятие полупроводника**

Существует большая группа веществ, которые по своим электрическим свойствам занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Эти вещества называют полупроводниками.

**Полупроводники** — вещества, способные, как проводить электрический ток, так и препятствовать его прохождению. Это большая группа веществ, применяемых в радиотехнике. К ним относят германий, кремний, фосфор, мышьяк, сурьму, селен, а так же оксиды ряда металлов, сульфиды, теллуриды. В Периодической системе элементов Д. И. Менделеева полупроводники образуют компактную группу.

<b>В</b> Бор 5 10,811	<b>С</b> Углерод 6 12,01115			
	<b>Si</b> Кремний 14 28,086	<b>P</b> Фосфор 15 30,9738	<b>S</b> Сера 16 32,064	
	<b>Ge</b> Германий 32 72,59	<b>As</b> Мышьяк 33 74,9216	<b>Se</b> Селен 34 78,96	
	<b>Sn</b> Олово 50 118,69	<b>Sb</b> Сурьма 51 121,75	<b>Te</b> Теллур 52 127,60	<b>I</b> Иод 53 126,9044

Для изготовления полупроводниковых приборов используют в основном только кремний и германий. Германий в природе встречается редко. Самым распространенным в природе полупроводником является кремний, составляющий по приблизительным подсчетам почти 28 % земной коры. Найдите их в таблице Д. И. Менделеева. Какую валентность имеют атомы кремния, галлия, фосфора?

Качественное отличие полупроводников от металлов проявляется, прежде всего, в зависимости удельного сопротивления от температуры.

Давайте проведем опыт. Обратимся к схеме на доске (зарисовать) и соберем экспериментальную установку.

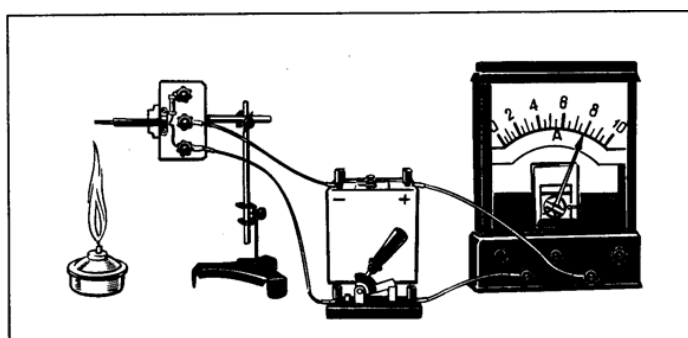
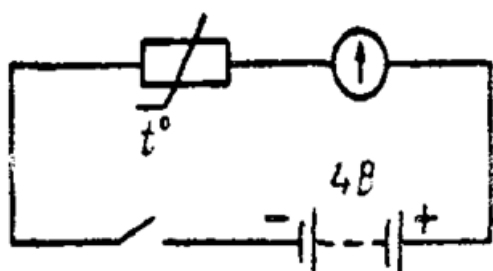


Рис. 1 – Зависимость сопротивления полупроводников от температуры

Основные её элементы вам знакомы: источник тока, ключ, амперметр. Но вот резистор в цепи необычный, стоит в обозначении с буквой  $t^\circ$ . Это

термистор. Термисторы — одни из самых простых полупроводниковых приборов. Давайте выясним, как он работает.

Термистор соединен последовательно с ключом и амперметром и подключен к источнику тока.

Замыкаем ключ, в цепи возникает электрический ток  $I=1\text{A}$ , величина которого определяется напряжением источника тока и сопротивлением термистора. Посмотрим, как измениться величина тока, если термистор подогреть. Что мы видим? Амперметр фиксирует увеличение силы тока в цепи  $I=3\text{A}$ . Сила тока увеличилась в 3 раза. Что можно сказать о сопротивлении резистора? Сопротивление уменьшилось в 3 раза.

Заменим терморезистор другим прибором. Это фоторезистор, основу которого составляет кусочек полупроводника, его обозначение (записать, зарисовать).

Посмотрим, как работает этот прибор.

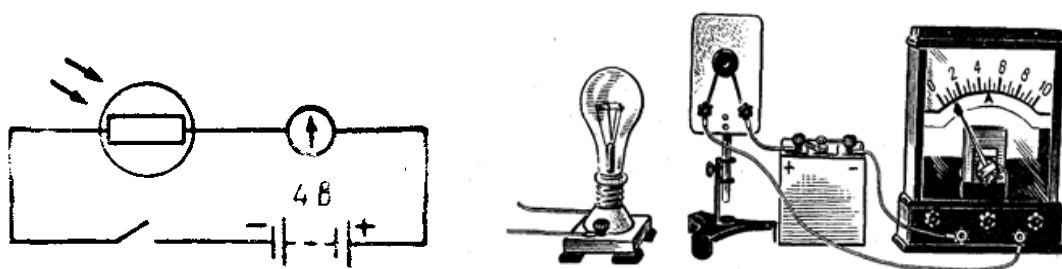


Рис. 2 - Зависимость сопротивления полупроводников от освещенности

Фоторезистор соединен последовательно с ключом и амперметром и подключен к источнику тока. Замкнем ключ. В цепи возникает электрический ток  $I=0,8\text{A}$ , величина которого определяется напряжением источника тока и сопротивлением фоторезистора. Осветим фоторезистор. Что мы видим? Сила тока в цепи резко возрастает  $I=2,6\text{A}$ , что говорит об уменьшении его сопротивления. Изменяя освещенность фоторезистора, можно управлять силой тока в цепи.



На основании проделанных опытов, что можно сказать о полупроводниках? Что это за вещества?

Вещества, сопротивление которых зависит от внешних условий (температуры, освещения).

Полупроводниками называются вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры.

В чём причина изменения сопротивления, перехода вещества из состояния диэлектрика в проводящее состояние? С чем это может быть связано? Вероятно, с количеством носителей заряда.

Откуда же берутся дополнительные носители заряда, почему их становится больше?

#### 2.4.2 Строение полупроводников

Главное отличие полупроводников от проводников состоит в характере зависимости их электропроводности от температуры.

Исследования показывают, что у ряда элементов (кремний, германий, селен и др.) и соединений ( $\text{PbS}$ ,  $\text{CdS}$  и др.) удельное сопротивление с увеличением температуры не растёт, как у металлов, а наоборот, уменьшается (рис.3). Из графика видно, что при температурах, близких к абсолютному нулю, удельное сопротивление полупроводников очень велико, т.е. при очень низких температурах полупроводник ведёт себя как диэлектрик. По мере повышения температуры удельное сопротивление полупроводника быстро уменьшается.

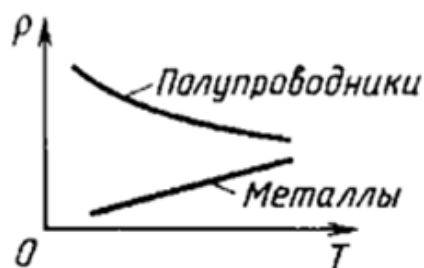


Рис. 3 – Зависимость удельного сопротивления  $\rho$  проводников и полупроводников от абсолютной температуры  $T$

Чтобы выяснить природу электрической проводимости полупроводников, рассмотрим строение четырёхвалентного элемента германия. Атомы германия

имеют четыре слабо связанных электрона на внешней оболочке. Их называют *валентными электронами*. В кристаллической решетке каждый атом окружен четырьмя ближайшими соседями. Связь между атомами в кристалле германия является *ковалентной*, то есть осуществляется парами валентных электронов.

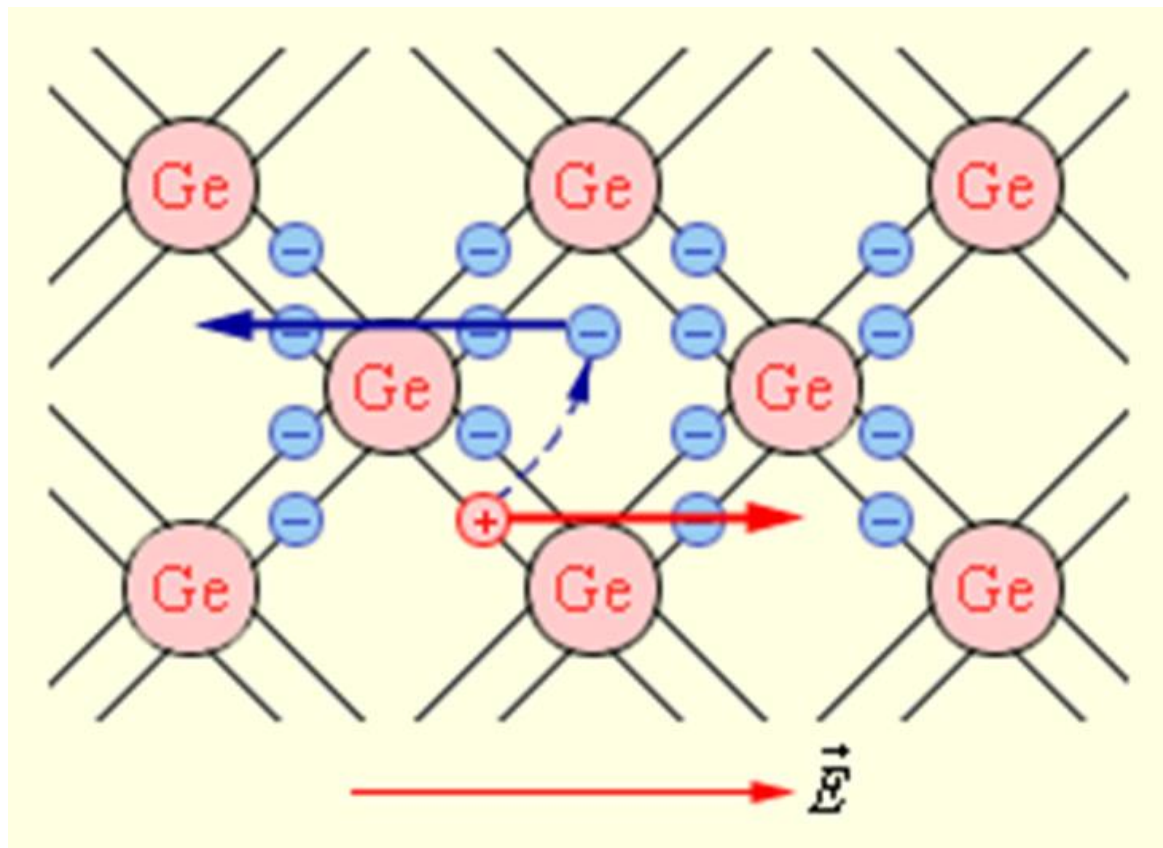


Рис.4 – Парно-электронные связи в кристалле германия и образование электронно-дырочной пары

В образовании этой связи от каждого атома участвует по одному валентному электрону, которые отщепляются от атомов и при своем движении большую часть времени проводят в пространстве между соседними атомами. Их отрицательный заряд удерживает положительные ионы германия друг возле друга. Каждый атом образует четыре связи с соседними, а данный валентный электрон может двигаться по любой из них. Дойдя до соседнего атома, он может перейти к следующему, а затем дальше вдоль всего кристалла. Парноэлектронные связи германия достаточно прочны и при низких температурах не разрываются. Поэтому германий при низкой температуре не проводит электрический ток. Аналогичное строение имеет и кристалл кремния.

### 2.4.3 Собственная проводимость полупроводников.

При нагревании германия энергия валентных электронов увеличивается за счет энергии тепловых колебаний атомов решетки. При этом энергия некоторых электронов может увеличиться на столько, что связи не выдерживают и рвутся. В результате отдельные электроны становятся свободными, подобно электронам в металлах. В отсутствие внешнего электрического поля эти электроны движутся хаотически. Под действием внешнего электрического поля они перемещаются упорядочено между узлами кристаллической решетки (рис.4), образуя электрический ток.

Проводимость полупроводников, обусловленная наличием у них свободных электронов, называется **электронной проводимостью**.

При повышении температуры число разорванных ковалентных связей, а, следовательно, и число свободных электронов в кристаллах увеличивается. Это приводит к уменьшению удельного сопротивления.

Образование свободного электрона влечет за собой появление свободного (вакантного) места – **электронной дырки** – в нарушенной ковалентной связи. В дырке имеется избыточный положительный заряд по сравнению с остальными, нормальными связями. Положение дырки в кристалле не является неизменным. Один из электронов, обеспечивающих связь атомов, перескакивает на место образовавшейся дырки и восстанавливает здесь ковалентную связь, а там, откуда перескочил электрон, образуется новая дырка. Эту дырку может занять какой – либо другой электрон. Таким образом, благодаря перемещению электронов связи происходит перемещение дырок по всему кристаллу. В то же время идет обратный процесс — при встрече свободного электрона с дыркой, восстанавливается электронная связь между атомами германия. Этот процесс называется *рекомбинацией*.

При отсутствии внешнего электрического поля перемещение дырок, равноценное перемещению зарядов, происходит хаотически и поэтому не создает электрического тока. Под действием электрического поля происходит упорядоченное перемещение дырок в направлении линий напряженности поля,

т.е. в направлении, противоположном перемещению электронов связи. Рассмотренный процесс называется **дырочной проводимостью**.

**Электрическим током в полупроводниках** называется направленное движение электронов к положительному полюсу, а дырок к отрицательному.

Таким образом, в чистых (без примесей) полупроводниках возможна электронная проводимость, обусловленная движением свободных электронов (проводимость *n* - типа), и дырочная, обусловленная движением дырок (проводимость *p* – типа). Такого рода проводимость называют **собственной проводимостью** полупроводников.

Какой вывод можно сделать?

- Какие частицы являются носителями тока в полупроводниках?
- Каков механизм образования дырок в полупроводниках?
- Как будет себя вести дырка при наличии электрического поля в полупроводнике?
- Сравните число свободных электронов и дырок в чистом полупроводнике?
- Почему собственная проводимость полупроводников называется электронно-дырочной?

**Физкультминутка.** А теперь давайте разомнемся и проведем физкультминутку. <https://ya.ru/video/preview/16725690735494741768>  
<https://ya.ru/video/preview/8857534676299147014>

Все молодцы. Давайте продолжим наше занятие.

#### **2.4.4 Примесная проводимость полупроводников**

Теперь я предлагаю вам поделиться на две группы и, используя §110 (Мякишев Г.Я. Физика. 10 класс), сделайте краткий конспект:

- 1) Строение полупроводника с примесью.
- 2) Соотношение числа свободных электронов и дырок.
- 3) Название примеси.
- 4) Тип проводимости.
- 5) Тип полупроводника.

Каждая нечётная пара получает задание изучить примесь большей валентности; каждая чётная пара – примесь меньшей валентности.

Собственная проводимость полупроводников обычно невелика, так как мало число свободных электронов. Например, в германии при комнатной температуре  $n_e = 3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . В тоже время число атомов германия в  $1 \text{ см}^3$  порядка  $10^{23}$ . Таким образом, число свободных электронов составляет примерно одну десятиллиардную часть от общего числа атомов.

Существенная особенность полупроводников состоит в том, что в них при наличии примесей наряду с собственной проводимостью возникает дополнительная - **примесная проводимость**. Изменяя концентрацию примеси, можно значительно изменить число носителей заряда того или иного знака в полупроводниках.

Если при выращивании монокристалла германия в расплав добавить небольшое количество мышьяка или сурьмы, то при кристаллизации атомы примеси вытесняют отдельные атомы германия из их мест в кристаллической решетке (рис. 5). Мышьяк (и сурьма) имеют по пять валентных электронов. Поэтому атомы примеси, образовав ковалентные связи с четырьмя ближайшими атомами германия и использовав для этого четыре валентных электрона, будут иметь по одному лишнему электрону, слабо связанному с атомным ядром. Вследствие теплового движения практически все лишние электроны атомов примеси оказываются свободными.

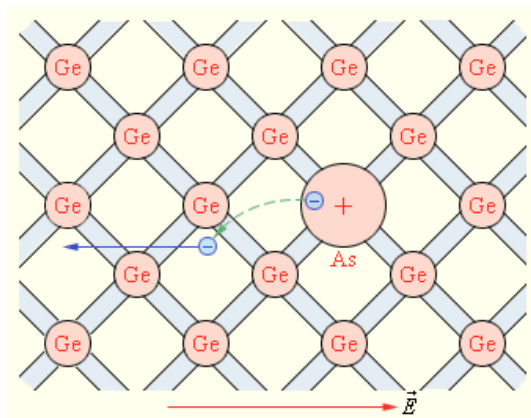


Рис. 5 - Атом мышьяка в решетке германия. Полупроводник n-типа

При добавлении всего одной десятиллионной доли атомов мышьяка концентрация свободных электронов становится равной  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ . Это в тысячу раз больше концентрации свободных электронов в чистом полупроводнике.

Примеси, легко отдающие электроны и, следовательно, увеличивающие число свободных электронов, называют **донорными**. При наличии электрического поля свободные электроны приходят в упорядоченное движение в кристалле полупроводника, и в нем возникает *электронная примесная проводимость*. Полупроводники с такой проводимостью называют электронными или **полупроводниками n – типа**. Поскольку в полупроводнике n – типа число электронов значительно больше числа дырок, то электроны являются основными носителями заряда, а дырки – неосновными.

Если при выращивании монокристалла германия в расплав добавить небольшое количество трехвалентных атомов, например индия или галлия, то при образовании кристалла атомы примеси вытеснят из своих мест отдельные атомы германия. При замещении в кристаллической решетке атома германия атомом примеси, имеющим три валентных электрона, три связи атома примеси с атомами германия окажутся заполненными, а одна связь четвертого атома германия незаполненной (рис.6). Следовательно, в решетке образуется дырка. Каждый атом трехвалентной примеси образует в кристалле полупроводника одну дырку. Такого рода примеси называют **акцепторными**.

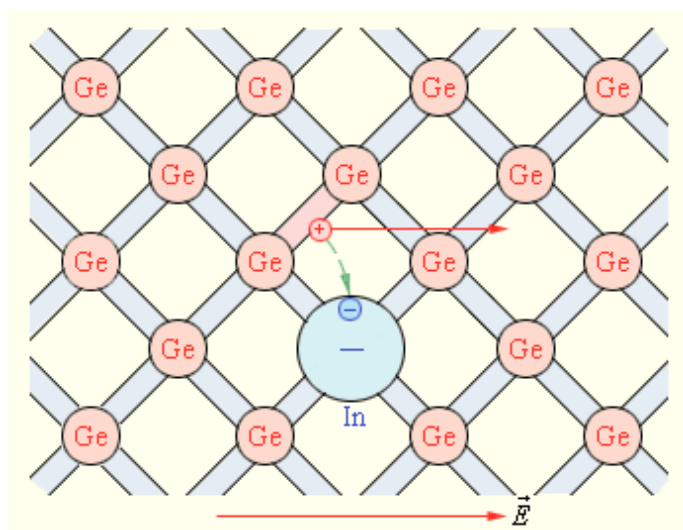


Рис. 6 - Атом индия в решетке германия. Полупроводник p-типа

Под действием внешнего электрического поля дырки перемещаются в направлении вектора напряженности поля, и в полупроводнике возникает *дырочная примесная проводимость*. Полупроводники с преобладанием дырочной проводимости над электронной называют **полупроводниками *p* – типа**. В них основными носителями заряда являются дырки, а неосновными – электроны.

Если в полупроводники одновременно вводятся и донорные и акцепторные примеси, то характер проводимости полупроводника определяется примесью с более высокой концентрацией носителей заряда – электронов или дырок.

Для закрепления самостоятельно изученного материала студентам предлагается ответить на следующие вопросы:

- Дайте определение примесной проводимости?
- Какую примесь нужно ввести, чтобы получить полупроводник *n* – типа, *p* – типа?
- Какие примеси называются донорными, акцепторными?
- Какие носители зарядов являются основными в полупроводнике с акцепторной примесью, с донорной примесью?

#### **2.4.5 Электронно – дырочный переход**

Рассмотрим теперь что произойдет, если соединить полупроводник *p*-типа и полупроводник *n*-типа. Как вы считаете, куда будет направлено движение электронов? Куда будет направлено движение дырок?

*Область соприкосновения двух полупроводников называют электронно-дырочным переходом, или *p-n* переходом.*

При контакте двух полупроводников с различными типами проводимости вследствие теплового движения происходит взаимная диффузия носителей заряда через границу соприкосновения (контакт) полупроводников. Электроны из *n* – области, где они являются основными носителями заряда, переходят в *p* – область, где их концентрация значительно меньше. Точно так же дырки переходят из *p* – области в *n* – область. Поэтому *n* – область вблизи границы

раздела оказывается заряженной положительно, а р – область – отрицательно. (рис.7). Диффузия прекращается после того, как электрическое поле, возникающее в области перехода, начинает препятствовать дальнейшему перемещению электронов и дырок.

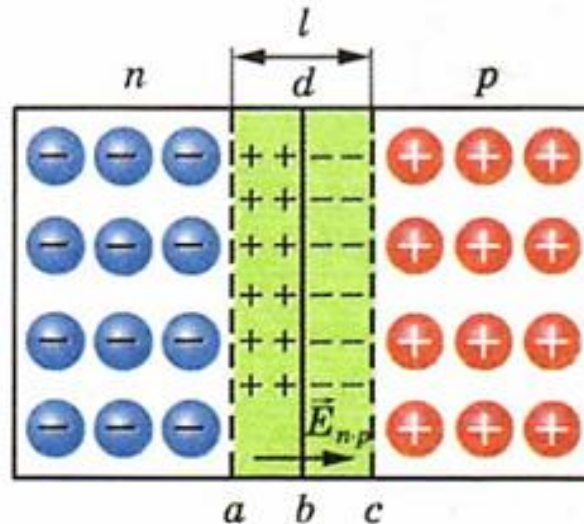


Рис. 7 - Образование запирающего слоя при контакте полупроводников р- и п-типов

Включим полупроводник с р – п переходом в электрическую цепь так, чтобы потенциал п – области был отрицательным, а р – области положительным. При этом ток через р – п переход осуществляется основными носителями: из области п в область р – электронами, а из области р в область п – дырками (рис.8,а).

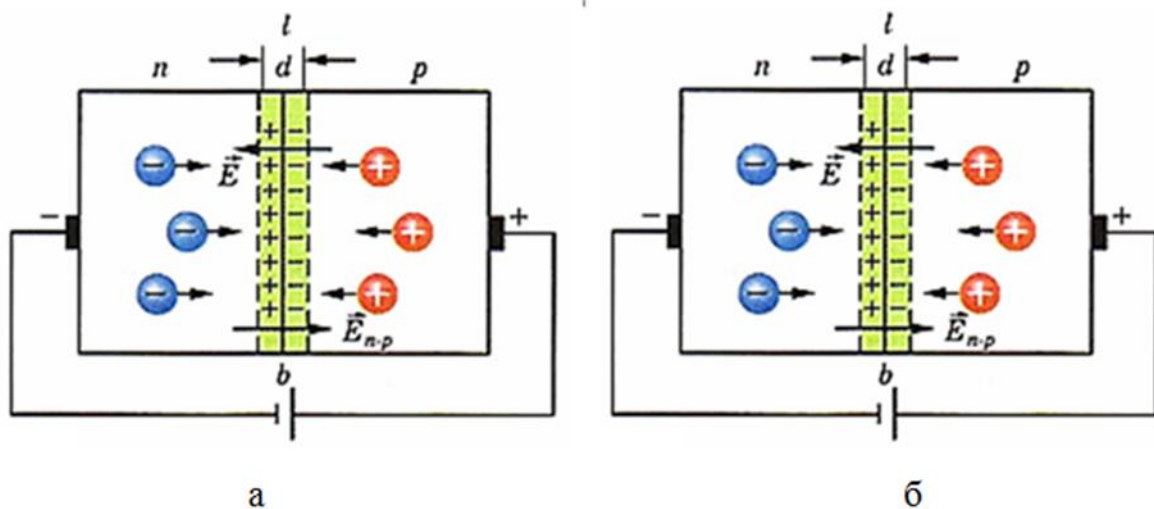


Рис. 8

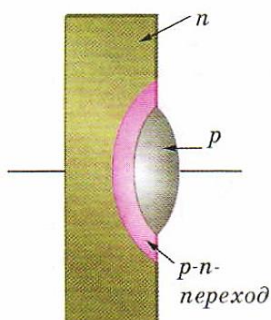


Вследствие этого проводимость всего образца велика, а сопротивление мало. В этом случае вектор напряженности  $\vec{E}_в$  внешнего электрического поля, создаваемого источником тока, направлен против вектора напряженности  $\vec{E}$  запирающего поля.

Переключим полюсы батареи. Тогда при той же разности потенциалов сила тока в цепи окажется значительно меньше, чем при прямом переходе. Электроны через контакт идут теперь из  $p$  области в  $n$  – область, а дырки - из области  $n$  в область  $p$  (рис.8,б). Но ведь в полупроводнике  $p$  – типа мало свободных электронов, а в полупроводнике  $n$  – типа мало дырок. Вектор напряженности  $\vec{E}_в$  направлен в так же как и вектор  $\vec{E}$ . переход через контакт осуществляется неосновными носителями, число которых мало. Вследствие этого проводимость образца оказывается незначительной, а сопротивление – большим.

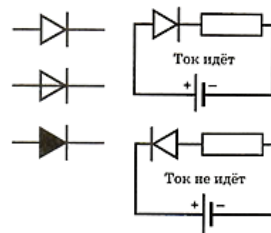
Таким образом  $n$ – $p$  переход обладает односторонней проводимостью. На основе свойств  $p$ - $n$  перехода основано действие полупроводникового диода.

Устройство с односторонней проводимостью, обусловленной переходом, называют *полупроводниковым диодом*.



На рисунке изображён германиевый диод. Его изготавливают из монокристалла германия, к которому добавлены примеси (мышьяк, сурьма и др.). Для получения  $p$  –  $n$  – перехода с одной стороны германиевой пластинки, вырезанной из монокристалла, вплавляется небольшая

капля индия, создающая проводимость  $p$  – типа в ограниченной области германия. Вдоль границы германия и индия создаётся  $p$  –  $n$  – переход. Электрод, соединённый с кристаллом индия, служит анодом, а соединённый с германием — катодом.



На электрических схемах диод обозначают одним из способов, изображённых на рисунке. Упирающаяся в отрезок стрела показывает направление тока через диод при прямом подключении.

Также приведены простейшие электрические схемы с прямым и с обратным подключением диода.

#### **2.4.6. Применение полупроводников**

Электрическое сопротивление полупроводников очень быстро убывает при их нагревании. При повышении температуры на  $1^{\circ}\text{C}$  сопротивление большинства полупроводников уменьшается на 3-8%, при повышении на  $100^{\circ}\text{C}$  — уменьшается примерно в 50 раз.

Сильную зависимость сопротивления полупроводников от температуры используют для создания датчиков температуры, которые называют **терморезисторами** или, сокращенно, **термисторами**. С помощью термисторов можно фиксировать изменения сопротивления, вызванные нагреванием на одну миллионную долю кельвина. Термисторы используют для создания сигнализации (например, противопожарной), дистанционного наблюдения за технологическими процессами. Как правило, термисторы имеют очень небольшие размеры, что позволяет использовать их в радиоэлектронике, где предъявляются особенно жёсткие требования к малым размерам применяемых деталей.

**Полупроводниковые диоды** изготавливают из кристаллов кремния или германия. При их изготовлении в кристалл с каким-либо типом проводимости вплавляют примесь, обеспечивающую другой тип проводимости.

Полупроводниковые диоды используются в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный. Если в полупроводниковый материал примесей внесено в 20-30 раз больше, чем обычно, то получают особый класс диодов, называемых туннельными. Такие диоды применяются как усилители и генераторы высокой частоты. Типичная вольт-амперная характеристика кремниевого диода приведена на рис. 9.

Полупроводниковые диоды обладают многими преимуществами по сравнению с вакуумными – малыми размерами, длительными сроками службы, механической прочностью. Существенным недостатком полупроводниковых диодов является зависимость их параметров от температуры. Кремниевые диоды, например, могут удовлетворительно работать только в диапазоне температур от  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У германиевых диодов диапазон рабочих температур несколько шире.

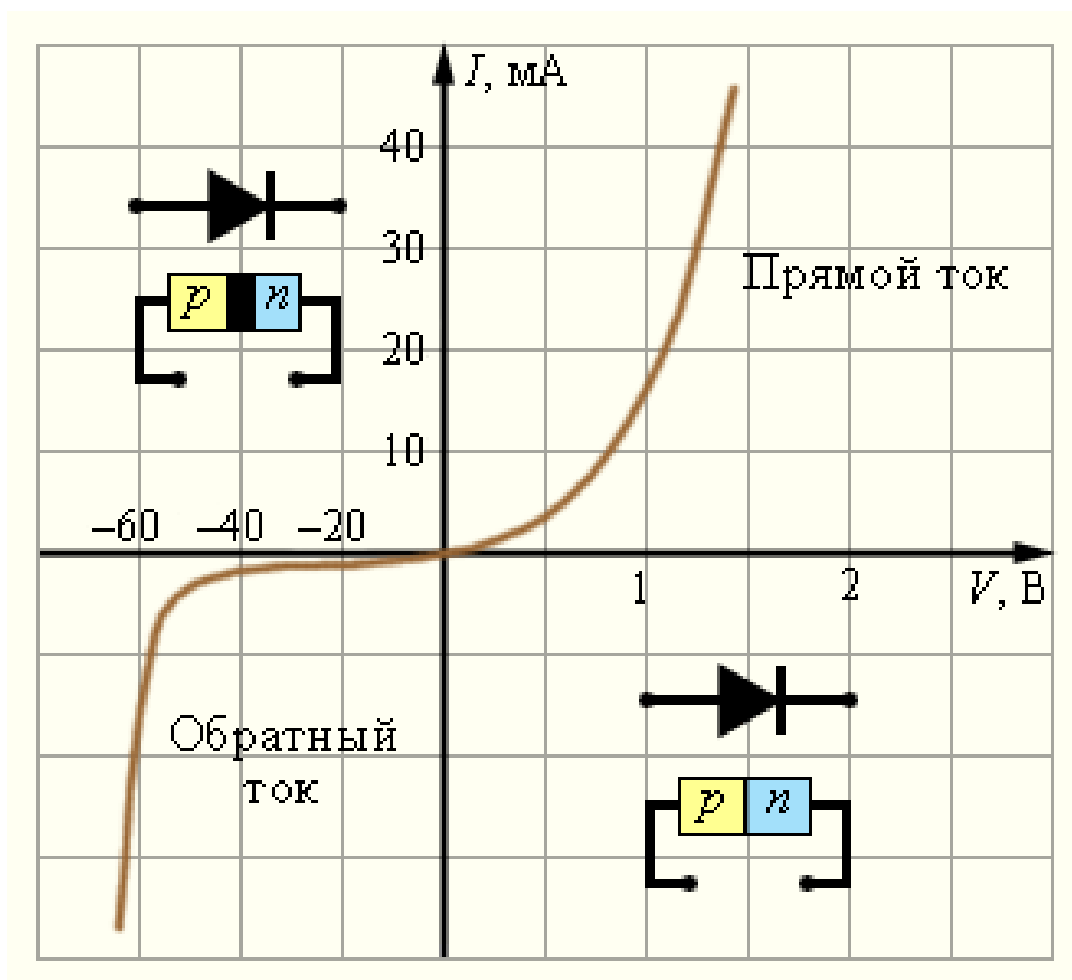


Рис. 9 - Вольт-амперная характеристика кремниевых диодов. На графике использованы различные шкалы для положительных и отрицательных напряжений

Полупроводниковые приборы не с одним, а с двумя p–n-переходами называются *транзисторами*. Название происходит от сочетания английских слов: transfer – переносить и resistor – сопротивление. Обычно для создания

транзисторов используют германий и кремний. Транзисторы бывают двух типов:  $p-n-p$ -транзисторы и  $n-p-n$ -транзисторы. Например, германиевый транзистор  $p-n-p$ -типа представляет собой небольшую пластинку из германия с донорной примесью, т. е. из полупроводника  $n$ -типа. В этой пластинке создаются две области с акцепторной примесью, т. е. области с дырочной проводимостью (рис. 10). В транзисторе  $n-p-n$ -типа основная германиевая пластинка обладает проводимостью  $p$ -типа, а созданные на ней две области – проводимостью  $n$ -типа (рис. 11).

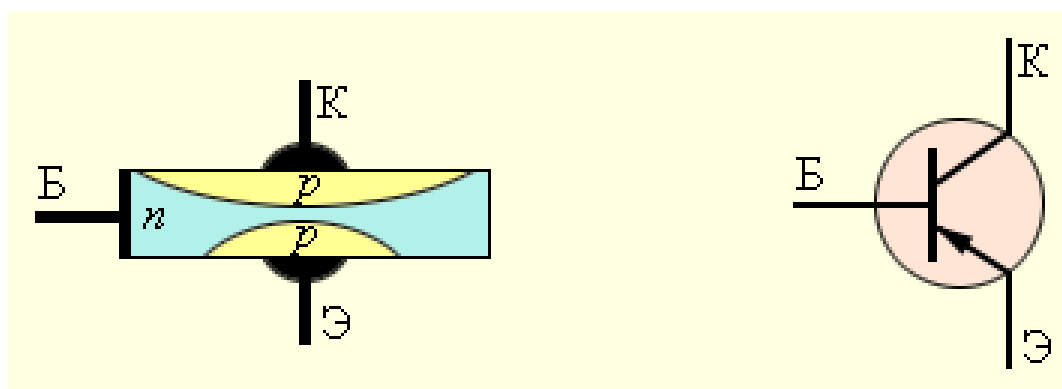


Рис.10 - Транзистор структуры  $p-n-p$

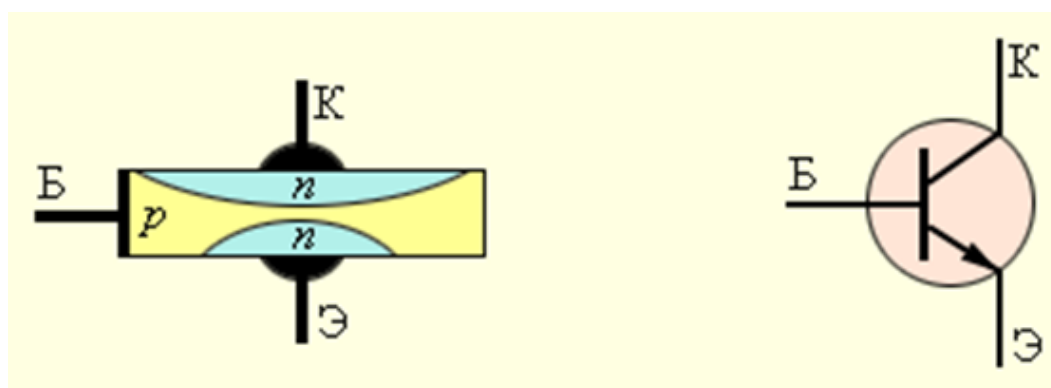


Рис. 11 - Транзистор структуры  $n-p-n$

Пластинку транзистора называют базой (Б), одну из областей с противоположным типом проводимости – коллектором (К), а вторую – эмиттером (Э). Обычно объем коллектора превышает объем эмиттера. В условных обозначениях на схемах стрелка эмиттера показывает направление тока через транзистор.

Оба  $p$ – $n$ –перехода транзистора соединяются с двумя источниками тока. На рис. 11 показано включение в цепь транзистора  $p$ – $n$ – $p$ –структуры. Переход «эмиттер–база» включается в прямом (пропускном) направлении (цепь эмиттера), а переход «коллектор–база» – в запирающем направлении (цепь коллектора).

Пока цепь эмиттера разомкнута, ток в цепи коллектора очень мал, так как для основных носителей свободного заряда – электронов в базе и дырок в коллекторе – переход заперт.

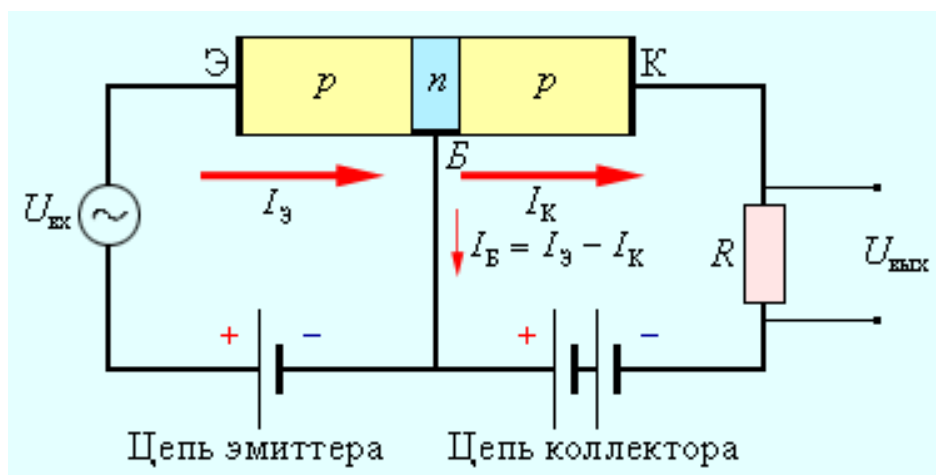


Рисунок 11 – Включение в цепь транзистора  $p$ – $n$ – $p$ –структуры

При замыкании цепи эмиттера дырки – основные носители заряда в эмиттере – переходят из него в базу, создавая в этой цепи ток  $I_Э$ . Но для дырок, попавших в базу из эмиттера,  $n$ – $p$ –переход в цепи коллектора открыт. Большая часть дырок захватывается полем этого перехода и проникает в коллектор, создавая ток  $I_К$ . Для того, чтобы ток коллектора был практически равен току эмиттера, базу транзистора делают в виде очень тонкого слоя. При изменении тока в цепи эмиттера изменяется сила тока и в цепи коллектора.

В настоящее время полупроводниковые приборы находят широкое применение в радиоэлектронике. Современная технология позволяет производить полупроводниковые приборы – диоды, транзисторы, полупроводниковые фотоприемники и т. д. – размером в несколько микрон. Качественно новым этапом электронной техники явилось

развитие микроэлектроники, которая занимается разработкой интегральных микросхем и принципов их применения.

Полупроводники приобретают все большее значение, обогащая физику, химию, биологию и другие науки. Исследование полупроводников еще не завершено, и в настоящее время невозможно в полной мере предсказать развитие физики полупроводников.

## 2.5 Контроль усвоения студентами учебного материала

### 2.5.1 Решение качественных и количественных задач

Для закрепления пройденного материала студентам предлагается самостоятельная работа - решают качественные и количественные задачи.

#### Вариант 1

1. Какую валентность должна иметь примесь к германиевому полупроводнику, чтобы он обладал электронной проводимостью?

2. Энергии, необходимые для образования электронов проводимости в германии и кремнии, соответственно равны  $1,12 \cdot 10^{-19}$  и  $1,76 \cdot 10^{-19}$  Дж. В каком из этих полупроводников при данной температуре будет большая концентрация собственных электронов проводимости?

3. Вольт-амперная характеристика полупроводника показана на рисунке

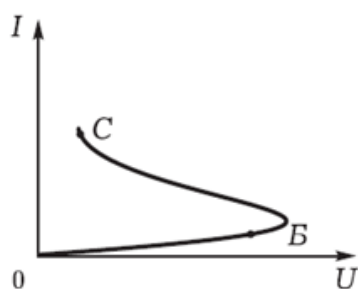


Рис.12

12. Применим ли закон Ома для участка цепи с этим полупроводником?

Ответ. На участке графика от нуля до точки Б закон Ома выполняется, на остальном участке нет. При движении от точки Б к точке С по графику сила тока растёт быстрее. Это объясняется

увеличением числа носителей электрического тока при нагревании полупроводника. Нагрев полупроводника осуществляется самим же током. При большом нагреве полупроводника требуется уже меньшее напряжение, чтобы поддержать тот же или даже больший ток.

4. В чём состоит механизм электронной и дырочной проводимости полупроводников?

5. Покажите, какой из приведённых графиков соответствует зависимости удельного сопротивления от температуры для термистора (рис. 13, а—г). Почему?

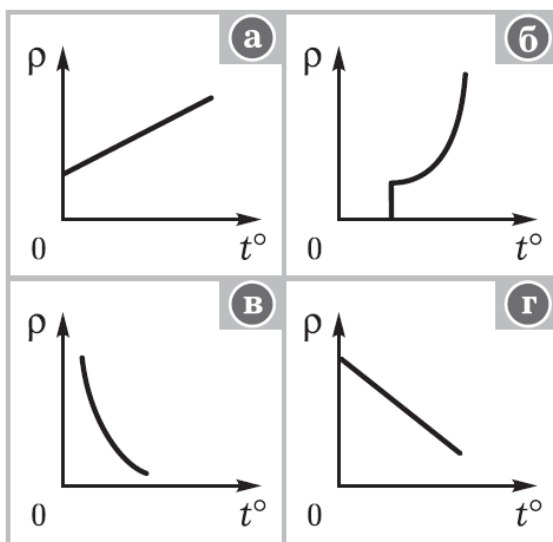


Рис.13

### Вариант 2

1. Какую валентность должна иметь примесь к германиевому полупроводнику, чтобы он обладал дырочной проводимостью?

2. Удельные сопротивления магния и теллура при температуре  $20^\circ\text{C}$  соответственно равны  $0,04 \cdot 10^{-6}$  и  $5000 \cdot 10^{-6}$  Ом·м, а при температуре  $500^\circ\text{C}$  соответственно  $0,13 \cdot 10^{-6}$  и  $25 \cdot 10^{-6}$  Ом·м. Какое из этих двух веществ полупроводник? Почему?

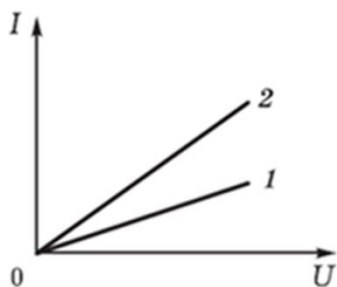


Рис.14

3. На рисунке 14 приведены графики вольт-амперных характеристик фоторезистора при разной его освещённости. Какой график соответствует большей освещённости? Применим ли закон Ома для данного фоторезистора?

Ответ. Второй график соответствует

большей освещённости. Закон Ома справедлив для данного фоторезистора в данном диапазоне напряжений.

4. Чем отличается механизм примесной проводимости от механизма собственной проводимости в полупроводниках?

5. На рисунке 15 приведена зависимость сопротивления термистора от температуры. Во сколько раз изменилось сопротивление термистора при нагревании его от 20 до 80 °С?

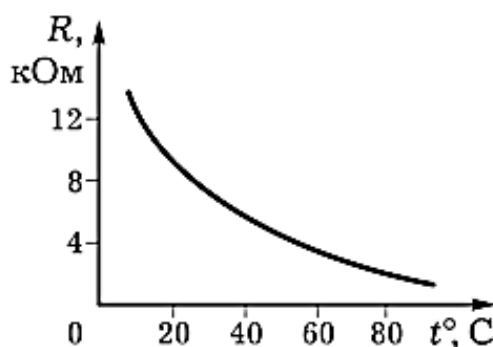


Рис.15

Обобщение усвоенного материала «Тест» (Приложение 1).

### 3. Заключительная часть

#### 3.1 Подведение итогов занятия

Что мы узнали на уроке?

- Полупроводники имеют намного меньшее электрическое сопротивление, чем диэлектрики, но намного большее, чем проводники.
- Проводимость полупроводника, обусловленную движением электронов, называют электронной проводимостью, а свободные электроны — электронами проводимости.
- Проводимость полупроводника, обусловленную движением дыр, называют дырочной.
- Примеси, атомы которых легко отдают электроны, называются донорными.
- Полупроводники, в которых основными носителями зарядов являются электроны, называют полупроводниками n-типа.



- Примеси, которые «захватывают» электроны атомов кристаллической решетки полупроводников, называются акцепторными.
- Полупроводники, в которых основными носителями зарядов являются дыры, называют полупроводниками р-типа.
- Электронно-дырочный переход имеет практически одностороннюю проводимость: он пропускает заметный ток от р- к n- области и очень маленький ток в обратном направлении.

Пригодятся ли полученные знания при дальнейшем обучении? На каких дисциплинах?

Пригодятся ли полученные знания в профессиональной деятельности?

### **Рефлексия «Чемодан, мясорубка, корзина»**

Я предлагаю вам выбрать, как вы поступите с информацией, полученной на занятии.



**Чемодан** – информация, которая пригодится в дальнейшем, то, что возьму с собой.



**Мясорубка** – все обдумаю, переработаю информацию.



**Корзина** – выброшу, мне это не нужно.

### **3.2. Домашнее задание**

**Задания для самостоятельного выполнения:** §110. Решить задачи А1-А2, С1. стр.371 Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый уровень/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой – 3-е изд., – М.: Просвещение, 2017. – 416 с.

**Тест по теме: «Электрический ток в полупроводниках»**

**1. Выберите верные варианты ответов.**

**Какие существуют виды примесных полупроводников?**

- а) р-типа б) к-типа в) n-типа г) донорные и акцепторные

**2. Выберите верный вариант ответа.**

**В чистых полупроводниках существуют следующие виды проводимости.**

- а) только дырочная б) только электронная в) дырочная и электронная г) d-типа

**3. Выберите верный вариант ответа**

**В полупроводнике р-типа преобладает проводимость**

- а) только дырочная б) только электронная в) дырочная и электронная г) d-типа

**4. Выберите правильные варианты ответов**

**Основными свойствами полупроводников являются**

- а) увеличение проводимости при наличии примесей б) уменьшение проводимости при нагревании  
в) увеличение проводимости при освещении г) уменьшение сопротивления при охлаждении

**5. Вставьте пропущенное слово:**

**Донорные примеси увеличивают число свободных \_\_\_\_\_.**

**6. Выберите верный вариант ответа**

**В четырехвалентный кремний в первый раз добавили трехвалентный индий, а во второй раз – пятивалентный фосфор. Каким типом проводимости в основном будет обладать полупроводник в каждом случае?**

- а) в первом – дырочной, во втором – электронной б) в первом – электронной, во второй – дырочной  
в) в обоих случаях – электронной г) в обоих случаях – дырочной

**7. Выберите верный вариант ответа**

**Основным свойством р-пперехода является:**

- а) увеличение сопротивления при нагревании    б) увеличение сопротивления при освещении
- в) односторонняя проводимость    г) среди ответов 1-3 нет правильного

**Оценочный лист**

Фамилия, имя \_\_\_\_\_

Домашнее задание	Теоретический материал	Групповая работа	Решение задач	Тестовая работа
1-5 балл	1-5 балл	1-5 балл	1-5 балл	1-5 балл

Самооценка	Оценка группы:	Итоговая оценка: