

## **Содержание:**

### **Введение.**

**Глава 1.** Научно-методический анализ темы «Электрический ток в различных средах».

1.1. История исследования электрического тока в различных средах.

1.2. Единый подход к изучению электрического тока в различных средах.

**Глава 2.** Методика изучения темы “Электрический ток в различных средах” в профильных классах средней школы.

### **2.1. Поурочное планирование темы.**

2.2. Методические рекомендации по изучению некоторых вопросов темы.

2.2.1. К методике изучения электрического тока в вакууме

2.2.2. К методике изучения электрического тока в полупроводниках.

2.2.3. К методике изучения электрического тока в газах.

2.2.4. Методика проведения повторительно - обобщающего урока по теме «Электрический ток в различных средах».

### **3.1. Методика изучения некоторых вопросов темы.**

3.1.1. Методика изучения вопроса «Электрический ток в вакууме. Вакуумный диод».

3.1.2. Методика изучения вопроса «Примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковый диод».

### **Заключение.**

### **Используемая литература.**

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

## **Введение.**

Объединение явлений и закономерностей, связанных с электрическим током в различных средах, в одну тему для их изучения произошло в начале 70— X годов. До этого ни в советской, ни в зарубежной методике физики не разрабатывались рекомендации по изучению тока в различных средах как группы явлений одной физической природы, но отличающихся некоторыми закономерностями и проявлениями.

Методисты России первыми стали разрабатывать такие рекомендации, и этот процесс продолжается до сих пор. О незавершённости разработки методики изучения темы «Электрический ток в различных средах» говорит, например, то, что до сих пор нет единого мнения по структуре этой темы.

Тема «Ток в различных средах» отличается необычайно большим количеством научной и технической информации и широчайшим проникновением во все без исключения области человеческой деятельности от электроники до тиражирования книг и произведений искусства. Все изложенное побудило меня избрать целью работы разработку методических рекомендаций по изучению этой темы в общеобразовательной школе, исходя из концепции единого методического подхода к изучению больших групп физических явлений. При этом, исходя из дидактического принципа «от простого к сложному», логично избирать следующую структуру темы: *Электронная теория проводимости (ток в металлах) — ток в вакууме — ток в жидкостях — ток в газах при несамостоятельной проводимости — ток в газах при самостоятельной проводимости — ток в полупроводниках с собственной проводимостью — ток в полупроводниках с примесной проводимостью.*

Для достижения поставленной цели были изучены имеющиеся в методической литературе рекомендации по изучению темы «Электрический ток в различных средах», научные основы и история развития темы, разработаны методические рекомендации по изучению некоторых вопросов темы и проверена их эффективность при проведении уроков в 10—х классах средней школы.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

## ***Глава 1. Научно - методический анализ темы “Электрический ток в различных средах”.***

### **1.1. История исследования электрического тока в различных средах.**

#### **1.1.1 Предыстория науки об электрическом токе.**

С тех пор как немецкий физик и общественный деятель Отто фон Герике в 1670 году изобрёл электростатический генератор, позволяющий получать значительные по величине электрические заряды, физики Европы и Америки увлеклись удивительными по тем временам явлениям. Началось накопление фактов, объяснение которым не могли, а может и не пытались найти. Одним из таких фактов являлась способность электрического заряда перетекать с одного тела на другое. Стефан Грей - член Лондонского Королевского общества в 1729 году, проведя серию экспериментов, пришёл к выводу о существовании проводников и изоляторов.

Опыты с электричеством показали, что его можно накапливать его можно «переливать» из одного тела в другое, оно сохраняется, если его не “расплескать” через плохую изоляцию; электричество вызывает боль, сотрясает воздух, разрушает вещество. Совокупность этих фактов вела к мысли о том, что электричество - это некая материальная субстанция.

Теоретическое осмысление электричества было начато американским учёным и общественным деятелем Бенджамином Франклином и продолжено в исследованиях Михаила Ломоносова, Георга Рихмана и Ульриха Эпинуса в России. Но более полным и близким к современным понятиям об электричестве был трактат русского академика Франца Уильриха Эпинуса (1724 — 1802) «Опыт теории электричества и магнетизма», опубликованный в 1759 году. Книга Эпинуса оказала большое влияние на развитие науки об электричестве в Европе, в том числе и на исследования А. Вольта, и содержала учение об электрических и магнитных флюидах, связи электрических и магнитных явлений и, что самое удивительное, убеждение в том, что силы взаимодействия электрических зарядов флюидов, подобно гравитационным силам, убывают обратно пропорционально квадрату расстояния. Предвосхитив этим закон Кулона, Эпинус, однако, не смог найти средства для экспериментального доказательства этого закона.

Несмотря на то, что учёные XVIII века могли получать электрический ток лишь на очень короткое время протекания заряда от одного тела к другому, к середине века уже были известны основные действия электрического тока. В 1747 году Уотсон передал

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

электричество на расстояние в 6 км, в 1785 - англичанин Нэрн создаёт цепь между полюсами электростатического генератора. В разрывы цепи на разных расстояниях он включает тонкую проволоку и замечает, что она везде одинаково расплавляется. Отсюда он делает вывод: во всех участках цепи проходит одинаковое количество электричества. Кроме теплового действия тока стали известны и химические действия: Ван Трусвик (Голландия) наблюдал электролиз воды; магнитные действия: намагничивание спицы разрядом конденсатора. Однако понятие об электрическом токе ещё не сформировалось.

### **1.1.2. Возникновение и развитие электронной теории.**

Рубежным событием, положившим начало систематическим и фундаментальным исследованиям электрического тока, явилось изобретение века:

итальянский физик Алессандро Вольты (1745- 1827 ) создаёт источник постоянного тока, получивший название «вольты столб». Это случилось в 1800 году.

Уже через год англичане Николсон, Карлейл и Дэви производят электролиз воды, солей и щелочей. После этого открытия следует одно за другим, нарастая как снежный ком: 1820 год - открытие Эрстеда и последующие за ним ошеломительные по количеству и значимости исследования Ампера, в 1821 году Дэви устанавливает зависимость сопротивления провода от его длины и поперечного сечения, в 1826 году Георг Ом даёт первую формулировку знаменитого закона. В 1833 году Фарадей открывает законы электролиза. Но в науке по-прежнему господствует теория электрического флюида и лишь Фарадею приходит мысль о существовании мельчайших частиц - носителей электричества. Однако, понадобился гений Максвелла, чтобы довести до чёткого выражения идею Фарадея. В 1873 году Максвелл опубликовал двухтомный “Трактат по электричеству и магнетизму”, который на многие годы стал своеобразной «библией электричества». Кроме концепции электромагнитного поля, составляющей основное содержание трактата, в нём содержится утверждение, основанное на исследованиях Фарадеем электролиза, о существовании элементарного заряда - частицы, которую Максвелл называет молекулярным зарядом и которая, по словам Максвелла, если была бы известна, явилась бы наиболее естественной единицей электричества.

Мысль Максвелла об «атоме электричества» была развита ирландским физиком Георгом Стонеем (1826-1911). Стоней, используя экспериментальные данные опытов Фарадея по электролизу, величину, которую сейчас называют числом Фарадея, и число Авагадро, вычислил величину элементарного заряда - примерно 10-20 Кл и предложил в 1891 году назвать его электроном.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Гипотеза Стонея об электроде была тотчас подхвачена многими учёными и стала использоваться в теоретических построениях раньше, чем он стал физической реальностью, благодаря открытию электрона в катодных лучах Дж. Дж. Томсоном в 1897 году.

Так, уже в 1875 году Голландский физик Гендрик Антон Лоренц в докторской диссертации «К теории отражения и преломления света» выдвигает первые идеи электронной проводимости. Однако ведущую роль сыграло исследование немецкого физика Пауля Друде «К электронной теории металлов», опубликованное в 1900 году. Теория Друде была развита в 1906 году Лоренцом в книге «Теория электричества».

Электронная теория под названием теории Друде - Лоренца быстро получила всеобщее признание, но очень скоро обнаружились трудности в объяснении на основе этой теории некоторых электрических явлений. Наиболее трудным для объяснения оказалось явление сверхпроводимости, открытое в 1911 году голландским физиком Кемерлинг - Оннесом. Строгая теория электропроводности металлов и других веществ была развита лишь после создания квантовой механики.

### **1.1.3. Развитие теории электрического тока в жидкостях.**

Первым учёным, проводящим планомерные эксперименты по исследованию электрического тока в жидкостях, а также в вакууме и газах, был русский физик и электротехник, академик Василий Владимирович Петров. Но имя скромного профессора Петербургской Медико- хирургической академии было мало известно за пределами России, и его открытия остались незамеченными. Петров проводил свои исследования в 1802 - 1803 годах, а в это время, независимо от него в Англии Никольсон, Карлейл и Деви изучают электролиз солей и щелочей. Однако, систематические исследования электролиза, приводящие к открытию его законов, были выполнены лишь в 1833- 1834 годах Майклом Фарадеем. Как уже отмечалось, Фарадей, исследуя электролиз, пришел к гениальной догадке о существовании частиц - носителей заряда, которые он назвал ионами, анионами и катионами. Но причина появления в растворах солей, кислот и щелочей этих ионов оставалась загадкой до 1887 года, когда 25 - летний шведский учёный Сванте Аррениус (1858— 1927) сформулировал гипотезу электролитической диссоциации. Гипотеза Аррениуса быстро нашла множество экспериментальных подтверждений и стала общепринятой теорией (Нобелевская премия в 1903 году). Благодаря этой теории законы Фарадея приобрели строгое объяснение и их стало возможным записать в виде точных математических выражений.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

#### **1.1.4. История исследований электрического тока в газах.**

Первые наблюдения тока в газах были предприняты В. В. Петровым, но систематические исследования газового разряда были начаты Фарадеем в 1838 году. Примечательно, что Фарадей предвидел огромную роль этих исследований в развитии теории электричества. Однако возможности изучения газового разряда ограничивались отсутствием способов получения достаточно высокой степени разрежения. В 1859 году немецкий стеклодув Геирих Гейслер, а за ним немецкий физик Плюккер разработали общедоступные способы изготовления газоразрядных трубок Гейслера. Важнейший шаг в изучении газового разряда сделал немецкий физик Иоганн Гитторф. В работе «Об электрической проводимости газов» в 1869 году он описал необычное свечение, появляющееся у катода при давлении ниже 1 мм рт. ст., которое вызывало флюоресценцию стенок трубки. Открытое Гитторфом свечение было названо катодными лучами. Английский физик Вильям Крукс, исследуя катодные лучи в течение 1878 - 1879 годов, обнаружил у них все свойства материи: механическое действие, тепловое и магнитное действие, прямолинейность распространения. Называя катодные лучи четвёртым состоянием вещества, Крукс выдвинул гипотезу о том, что они состоят из мельчайших частиц. Гипотеза Крукса не нашла быстрого подтверждения и среди физиков, во главе которых, как ни странно, был Генрих Герц, господствовало мнение о том, что катодные лучи - это невидимое движение в эфире, передаваемое частичкам газа. Но в 1895 году французский физик Жан Перрен ставит фундаментальный эксперимент, которым было доказано, что катодные лучи представляют поток отрицательно заряженных частиц. Но окончательно установить природу катодных лучей можно было лишь путём строго количественных экспериментов, к выполнению которых в 1895 году приступил Дж. Дж. Томсон. Опыты Томсона по отклонению катодных лучей в электрическом и магнитном поле стали образцом наиболее убедительных и точных экспериментов. Их описание вошло почти во все учебники физики.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Путём точного измерения отношения массы частиц катодных лучей к их заряду Томсон со всей убедительностью доказывал, что это отношение на несколько порядков меньше, чем у известного до сих пор иона водорода. Так был открыт электрон.

### **1.1.5. Из истории о полупроводниках.**

В отличие от исследования тока в жидкостях, газах и вакууме, изучение электрических свойств полупроводников является сравнительно молодой отраслью физики XX века. Правда, в 1874 году немецкий физик Карл Браун, известный как изобретатель электронно - лучевой трубки, обнаружил одностороннюю проводимость у кристаллов некоторых сульфидов, например, сульфида цинка. Но в то время на это не обратили внимания.

Начало победному шествию полупроводников было положено в нашей стране в январе 1922 года. О. В. Лосев, сотрудник Нижегородской радиолaborатории, созданной по инициативе В. И. Ленина, обнаружил, что кристаллы окиси цинка (цинкита) включённые в схему радиоприёмника, усиливают приём радиоволн. Так появился первый в мире кристаллический детектор, а приёмники с цинкитовым детектором быстро распространились во всём мире. В 1929 году Э. Мэррит обнаружил полупроводниковые свойства у германия. Полупроводники быстро нашли многочисленные применения в практике благодаря их их необыкновенным свойствам. Но теория проводимости полупроводников начала развиваться лишь в 30-е годы.

В 1930 году Поль Дирак ввёл понятие «дырок», а в 1931 году английский физик Алан Хэррис Вильсон, исходя из представлений о зонной структуре электронного спектра, провёл деление кристаллов на металлы, полупроводники и диэлектрики, ввёл деление полупроводников на собственные и примесные, а так же и представление о донорной и акцепторной проводимости. Вильсон один из первых с 1931 года стал создавать квантовую теорию полупроводников и применение квантово - механических представлений для описания контактов между металлом и полупроводником.

Одновременно с Вильсоном немецкий физик Карл Вильгельм Вагнер обнаруживает полупроводники с электронной и дырочной проводимостью. Вместе с Вальтером Шоттки он создаёт теорию полупроводниковых диодов. Большой вклад в развитие квантовой теории полупроводников внесли советские физики Я. И. Френкель и А. Ф. Иоффе, особенно в разработке представлений о квантоно – механическом туннелировании в процессе выпрямления на контакте «металл- полупроводник».

1948 год ознаменовался одним из самых замечательных достижений науки и техники XX века: американский физик Джон Бардин вместе с У. Браттейном и У. Шокли открыли Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 п. Советский Ейского района Краснодарского края.  
транзисторный эффект и создал кристаллический триод с точечным контактом - первый полупроводниковый транзистор (Нобелевская премия в 1956 году).

## ***1.2 Единый подход к изучению темы «Электрический ток в различных средах».***

Методическая концепция единого подхода к изучению больших групп физических явлений своими корнями уходит к середине XVIII века и была определена в педагогических идеях в деятельности М. В. Ломоносова.

В систематическом изложении курса физики наиболее чётко единый подход применён сначала 60-х годов XX века в популярном двухтомнике Б. М. Яворского и А. А. Пинского «Основы физики». Начало внедрения единого подхода в школьный курс физики было положено в 70-х годах Н. М. Шахмаевым, который разработал единый методический подход к изучению колебаний и волн в 10 классе. Идея Н. М. Шахмаева была частично реализована в учебнике Г. Я. Мякишева и Б. Б. Буховцева «Физика- 10». К сожалению, в ходе реформы школьного курса физики изучение механических колебаний было перенесено в 9 класс, в результате чего реализация единого подхода к изучению колебаний стала невозможной.

Сущность концепции единого методического подхода к изучению больших групп физических явлений состоит в том, что физические явления изучаются не отдельно друг от друга, а объединяются в группы по определённым признакам. При этом явления одной группы изучаются по единой логической схеме с широким использованием приёмов сравнения и аналогии. Признаками, по которым физические явления могут объединяться в группы могут быть: единая физическая природа этих явлений, как, например, электрический ток в различных средах;

*• одинаковые закономерности и способы описания явлений, как, например, колебания и волны различной физической природы;*

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»



• *одинаковые или аналогичные методы исследований, как, например, осциллографический метод при изучении колебаний или тока в различных средах.*

Возможна группировка физических явлений вокруг какого-либо технологического процесса. Например, обработка металлов резанием связана с механическими явлениями движение, деформации, пластичность, упругость и т. п. тепловыми явлениями и т. д.. Однако, такая группировка может быть приемлема лишь для некоторых технических учебных заведений. Явления, связанные с электрическим током в различных средах, объединяются их единой физической природой, так как все они обусловлены упорядоченным движением заряженных частиц в какой-либо среде. Этим определяется единая логическая схема изучения этих явлений, в которой *на первом месте будет одно из необходимейших условий возникновения тока - наличие свободных носителей заряда, то есть частиц, способных совершать дрейф под действием электрического поля.*

Логическая схема изучения тока в различных средах составляется с учётом современных психолого-педагогических концепций о создании общей ориентировки, систематизации и обобщения знаний. Так С. Е. Каменецкий предлагает следующий единый план рассмотрения проводимости различных сред:

- 1. Природа носителей заряда и особенности их движения.*
- 2. Вольт-амперная характеристика.*
- 3. Закономерности, которым подчиняется ток в данной среде.*
- 4. Явления, сопровождающие ток в данной среде.*
- 5. Практическое применение явлений.*

Однако, более рациональной является другая, несколько более конкретизированная схема:

- 1. Вид свободных носителей заряда, природа их происхождения в данной среде и их концентрация.*
- 2. Тип проводимости (самостоятельная, несамостоятельная, односторонняя, двухсторонняя).*
- 3. Зависимость сопротивления или проводимости от температуры.*
- 4. Зависимость силы тока от напряжения (вольт-амперная характеристика).*
- 5. Основные области применения и конкретные примеры.*

Теоретическое обоснование:

Проводимость вещества- это физическая величина, характеризующая способность этого вещества пропускать электрический ток. Чем лучше проводимость, тем меньшее сопротивление оказывается перемещению частиц – носителей заряда. Следовательно,

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

проводимость - величина, обратная сопротивлению, единица проводимости в СИ — сименс (См). Соответственно, удельная проводимость - величина, обратная удельному сопротивлению.

$$G = \frac{1}{R}; \quad \gamma = \frac{1}{\rho}; \quad C_m = \frac{1}{O_m}; \quad O_m \cdot m = \frac{C_m}{m}, \text{ где } G - \text{ проводимость, } \gamma - \text{ удельная}$$

проводимость.

Известно, что на участке цепи сопротивление можно определить по формуле:  $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$ , где  $l$  – длина проводника,  $S$  – площадь сечения проводника. А из

закона Ома следует что  $I = \frac{U}{R} = \frac{U \cdot S}{\rho \cdot l}$ , учитывая, что  $\frac{U}{l} = E$ , где  $E$  – напряжённость

электрического поля на данном участке цепи, и, что  $\gamma = \frac{1}{\rho}$ , получим:  $I = \gamma \cdot E \cdot S$ , а для

плотности тока:  $j = \gamma \cdot E$  (1).

Из изученной ранее электронной теории известно, что:  $j = q \cdot n \cdot v$  (2), где  $q$  – заряд частицы – носителя заряда,  $n$  – концентрация свободных носителей заряда,  $v$  – скорость их дрейфа.

Скорость дрейфа можно определить на основании известных законов механики: считая, что заряженная частица движется после очередного столкновения с ускорением, которое, согласно второму закону динамики равно:  $a = \frac{q \cdot E}{m}$ , так как начальная скорость равна нулю,

то средняя скорость дрейфа равна:  $v = \frac{a \cdot \Delta t}{2} = \frac{q \cdot E \cdot \Delta t}{2 \cdot m}$ .

Подставим значение дрейфовой скорости в формулу (2) и сравним:

$$j = \frac{q \cdot n \cdot q \cdot E \cdot \Delta t}{2 \cdot m}; \quad j = \frac{q^2 \cdot n \cdot \Delta t}{2 \cdot m} \cdot E \Rightarrow \gamma = \frac{q^2 \cdot n \cdot \Delta t}{2 \cdot m} \Rightarrow j = \gamma \cdot E$$

Итак, проводимость вещества зависит, прежде всего, от заряда и массы свободных носителей заряда - электронов и ионов, (то есть от химического состава этого вещества). Особую роль играет время - пробега от одного столкновения до следующего, которое в свою очередь зависит от длины свободного пробега (то есть от структуры вещества). В твёрдых

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

телах и в жидкостях длина свободного пробега невелика, в газах она значительно больше и может быть увеличена во много раз путём разрежения газа. Важнейшим фактором, определяющим проводимость, является концентрация свободных носителей заряда, так как в различных веществах она может изменяться в сотни, тысячи, миллионы и миллиарды раз! Максимальная концентрация наблюдается в металлах, так как все атомы металла становятся ионами, а их валентные электроны становятся свободными носителями. Это позволит вычислить концентрацию свободных электронов в конкретном металле, например, в серебре с молярной массой и плотностью соответственно:  $M=108$  кг/моль,  $\rho = 10500$  кг/м<sup>3</sup>,  $n = \frac{N}{V}$ , где  $N$  – число частиц,  $V$  – объём.

$$\text{Для } 1 \text{ м}^3 \quad n = N_0 = N_A \cdot \frac{m}{M}, \quad n = \frac{10500}{108} \cdot 6,02 \cdot 10^{26} \approx 6 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{м}^3}.$$

Изучение тока в различных средах связано и с изучением единых для всех этих явлений экспериментальных методов исследования. Одним из них является осциллографический метод получения вольт- амперных характеристик.

Единая логическая схема, по которой изучается ток в различных средах позволяет эффективно использовать приёмы сравнения и аналогии.

Рассмотрим это на одном примере : зависимость проводимости металлов и полупроводников от температуры.

После изучения тока в металлах ученики знают, что проводимость металла лучше, удельная проводимость уменьшается с повышением температуры. Это явление легко объяснить на основе классической электронной теории в пределах определённого интервала температуры, согласно которой поведение свободных электронов в металле аналогично поведению молекул идеального газа. С повышением температуры возрастает скорость хаотического движения электронов, что приводит к возрастанию числа столкновений электронов с ионами, находящимися в узлах кристаллической решетки.

Это приводит к росту потерь энергии электронами и, как следствие, к уменьшению проводимости. Продолжая аналогию «электронного газа» в металлах с идеальным газом, можно ожидать, что температурный коэффициент сопротивления металлов должен быть равен  $1/273$  или  $0.0037$  град<sup>-1</sup>. И на самом деле этот коэффициент для серебра равен  $0.0036$ , золота -  $0.0039$ , алюминия -  $0.0038$  град<sup>-1</sup>. Но вот у меди он отличается и равен  $0.0043$ , хотя

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 п. Советский Ейского района Краснодарского края. 12

по порядку величины близок к теоретическому. Значительно меньше этот коэффициент у сплавов: бронза - 0.0005, нихром - 0.0001, константан - 0.00002. Этот феномен с трудом поддается объяснению на основе упрощенной электронной теории.

Переходя к изучению полупроводников предлагается учащимся по аналогии предсказать зависимость проводимости от температуры. Для простоты будем рассматривать ток в полупроводниках с электронной проводимостью, в которых, как и в металлах, основными носителями зарядов являются свободные электроны. Ученики легко соглашаются с выводом, что по аналогии с металлами, повышение температуры в полупроводнике приведет к уменьшению проводимости.

После этого показывают опыт: включают в цепь с источником тока и гальванометром от амперметра термистр из набора полупроводников и наблюдают, что при нагревании термистора сила тока возрастает в несколько раз. Из этого следует, что с повышением температуры проводимость полупроводников возрастает в несколько раз. При этом полезно повторить аналогичный опыт с металлическим проводником - проводом из чистого железа или вольфрама. Резкое отличие наблюдаемого явления от сделанного методом аналогии вывода создаст проблемную ситуацию. Для выяснения кажущегося противоречия напоминают учащимся, что проводимость вещества, кроме прочих причин, зависит от концентрации носителей заряда. Для рассматриваемого полупроводника - это число свободных электронов в единице объема. Здесь и содержится разрешение проблемы. Для металлов концентрация свободных электронов составляет  $10^{23} \text{ см}^{-3}$ . Сравнивая это число с числом атомов, точнее - ионов в  $1 \text{ см}^{-3}$ , равное примерно  $10^{23} \text{ см}^{-3}$ , заметим, что практически все атомы отдали по электрону. Таким образом, концентрация свободных электронов в металле предельная и возрастать при тех температурах, с которыми мы имеем дело, не может. Напротив, в полупроводниках концентрация свободных носителей составляет примерно  $10^{13}$  -  $10^{15} \text{ см}^{-3}$  - для чистых полупроводников и  $10^{16}$  —  $10^{18} \text{ см}^{-3}$  — для примесных. Это в миллионы и в даже в десятки - сотни миллионов раз меньше, чем в металлах. При нагревании, вследствие ускорения теплового движения частиц полупроводника, происходит освобождение новых носителей заряда из имеющегося огромного резерва нейтральных атомов. При этом число носителей в единице объема возрастает в десятки и даже в сотни раз. Это приводит к значительному увеличению проводимости. Одновременно с этим увеличивается и число столкновений электронов с нонами, отчего проводимость, как и в металлах, уменьшается. Но это уменьшение очень незначительно по сравнению с

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 п. Советский Ейского района Краснодарского края. 13  
возрастанием за счет повышения концентрации носителей заряда. Вот почему при повышении температуры проводимость полупроводников, в отличие от металлов, возрастает.

Приём аналогии позволяет предсказать явление тока насыщения в газах, когда образование свободных носителей заряда, - ионизация- происходит под действием внешнего ионизатора. Основанием для аналогии может служить изученное ранее явление тока насыщения в вакууме. В обоих случаях, - в вакууме и в газах с несамостоятельной проводимостью, - число свободных носителей заряда, возникающих за единицу времени ограничено и зависит от причины, вызывающей их появление. В вакууме - это температура накала катода, а в газах при несамостоятельной проводимости - температура нагрева самого газа или интенсивность ионизирующего излучения.

Последовательное применение единого подхода к изучению электрического тока в различных средах подсказывает и некоторые приёмы для проведения повторительно - обобщающего урока по теме. На этом уроке целесообразно составить таблицу, в которой указаны сведения о токе в различных средах в соответствии с логической схемой изучения темы.

## ***Глава 2. Методические рекомендации по изучению темы “Электрический ток в различных средах”.***

### ***2.1. Примерное поурочное планирование учебного материала по физике в 10 классе.***

В отличие от традиционной структуры, при которой ток в газах изучается без разделения на самостоятельную и несамостоятельную проводимость, а в полупроводниках на собственную и примесную, предлагается рассмотреть ток в газах с самостоятельной и несамостоятельной проводимостями как ток в различных средах, аналогично и в полупроводниках с собственной и примесной проводимостями.

Программа предусматривает 20 уроков, а в предлагаемой схеме- 18 уроков (2 урока в резерве).

#### **Урок 1. Основы теории проводимости металлов.**

*Содержание:* Электрическая проводимость. Связь силы тока ( или плотности тока) с концентрацией свободных носителей зарядов и скоростью их упорядоченного движения

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 п. Советский Ейского района Краснодарского края. 14

(скоростью дрейфа). Движение свободных электронов в металле. Основные положения электронной теории проводимости Друдэ - Лоренца. Экспериментальные доказательства существования свободных электронов в металлах (опыт Рикке, Мандельштама- Папалекси, Стюарта- Толмена).

*Демонстрации:* плакаты с рисунками опытов Рикке и Стюарта- Толмена)

*Задачи:* Р.: №840.

*Домашнее задание:* § 52.(Вторая часть с выводом формулы силы тока), §§67, 68, Р.: №841.

## **Урок 2. Зависимость сопротивления металлов от температуры.**

*Содержание:* Температурный коэффициент сопротивления и его особенности для металлов и жидкостей. Зависимость удельного сопротивления металлов от температуры и расчётная формула. Объяснение зависимости сопротивления металлов от температуры на основе электронной теории.

*Демонстрации:* Зависимость сопротивления металлов от температуры (рекомендуется показать эту зависимость путём получения вольт- амперной характеристики и вычисления сопротивления лампочки накаливания).

*Задачи:* Упр. 12, (1,2).

*Домашнее задание:* § 69, Упр. 12, ( 3).

## **Урок 3. Сверхпроводимость. Решение задач.**

*Содержание:* Открытие, сущность и применение явления сверхпроводимости.

*Задачи:* Рекомендуется решить задачу. Лампочку 6В, 21 Кд или подобную включают в цепь с вольтметром и миллиамперметром и при напряжении не более 0.1 В. Измеряют силу тока и вычисляют сопротивление нити лампы в холодном (при комнатной температуре) состоянии. Затем заменяют вольтметр на миллиамперметр и измеряют силу тока при номинальном напряжении 6 вольт. Вычисляют сопротивление в рабочем состоянии. По этим данным вычисляют температуру накала нити лампы.

*Домашнее задание:* § 70.

## **Урок 4. Электрический ток в вакууме. Диод.**

*Содержание:* Термоэлектронная эмиссия. Электровакуумный диод. Односторонняя проводимость и вольт- амперная характеристика вакуумного диода. Ток насыщения. Определение энергии и скорости термоэлектронов методом задерживающего (тормозного) напряжения.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

*Демонстрации:* Явление термоэлектронной эмиссии. Вольт- амперная характеристика вакуумного диода с применением амперметра и вольтметра.

*Задачи:* Р.: № 867, 868.

*Домашнее задание:* § 77, Упр. 12, ( 8 ) , Р. № 866.

### **Урок 5. Электронно - лучевая трубка.**

*Содержание:* Электронные пучки (лучи) и их свойства. Электронно- лучевая трубка.

Применение ЭЛТ в осциллографе и телевизоре. Принцип действия осциллографа. Метод получения осциллограмм вольт- амперных характеристик с помощью осциллографа.

*Демонстрации:* ЭЛТ (учебная) или плакат с её рисунком. Действие осциллографа.

Отклонение электронного луча электрическим и магнитным полем. Вольт - амперная характеристика вакуумного диода.

*Задачи:* Р.: № 869.

*Домашнее задание.* § 78, Упр. 12, (9).

### **Урок 6. Решение задач.**

*Содержание:* Задачи типа Р.: №№ 866, 867, 868, 869, 870.

*Домашнее задание:* Р.:У 871, 872.

### **Урок 7. Электрический ток в жидкостях.**

*Содержание:* Электролитическая диссоциация. Электролиз. Применение электролиза.

Первый закон электролиза ( $m = k \cdot q$  или  $m = k \cdot I \cdot t$ ) и его обоснование на основе МКТ.

*Демонстрации:* проводимость водных растворов электролитов, электролиз медного купороса.

*Задачи:* Упр.: 12, (4), Р.: № 843.

*Домашнее задание:* §§ 79, 80 (1 часть).

### **Урок 8. Определение заряда электрона.**

*Содержание:* (История : идея Фарадея о существовании элементарного заряда, Георг Стоней как "крёстный отец" электрона, впервые подсчитавший величину заряда электрона на основе законов электролиза). Второй закон электролиза  $k = c \cdot M / n$ , где М - молярная (атомная) масса иона, n - его валентность,  $c=1/eN_a$ .

*Примечание:* возможно рассмотрение законов электролиза в упрощённом варианте без вывода, как эмпирические законы, найденные на опытах Фарадеем: первый закон

$m = k \cdot q$  или  $m = k \cdot I \cdot t$  и второй  $k = M / F \cdot n$ , где  $F = e \cdot N_a$  - это число Фарадея, равное 96500 Кл / моль.

*Задачи:* Р.: №№ 849, 850.

*Домашнее задание:* § 80, Упр. 12, ( 5, 6, 7).

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

### **Урок 9. Электрический ток в газах.**

*Содержание:* Ионизация и рекомбинация в газах. Несамостоятельный разряд. Ионизаторы.

Вольт - амперная характеристика самостоятельного разряда в газах. Ток насыщения.

*Задачи:* Р.: №4Т4 858, 859

*Домашнее задание:* § 81, Р.: №862.

### **Урок 10. Электрический ток в газах. Самостоятельный разряд.**

*Содержание:* Самостоятельный разряд. Ионизация ударом (лавинная ионизация). Вольт-амперная характеристика самостоятельного разряда.

*Демонстрации:* опыт с применением трубки с двумя электродами из которой насосом Комовского откачивают воздух до появления самостоятельного разряда. Свечение газоразрядных (спектральных) трубок.

*Задачи:* Р.: №№ 858, 859, 893, 894.

*Домашнее задание:* § 82, Р.: №2 896.

### **Урок 11. Виды разрядов в газах. Решение задач.**

*Содержание:* Тлеющий разряд, электрическая дуга, коронный разряд, искровой разряд, понятие о плазме. Природные явления, связанные с различными видами разрядов и плазмой. Значение и применение их в технике.

*Демонстрации.* Наблюдение различных видов разрядов и электрической дуги.

*Задачи:* Р.: № 860.

*Домашнее задание:* § 83, 84.

### **Урок 12. Электрический ток в полупроводниках.**

*Содержание:* Понятие о полупроводнике с точки зрения электронной теории проводимости. Различие в концентрации свободных носителей заряда в металлах и полупроводниках.

Электронная и дырочная проводимость чистых полупроводников. Собственная проводимость чистых полупроводников и её зависимость от температуры и освещения.

*Демонстрации:* Зависимость сопротивления полупроводников от температуры и освещения.

Демонстрации опыта по определению электронной и дырочной проводимости.

*Задачи:* Р.: №№ 873, 876, 877.

*Домашнее задание:* § 71.

### **Урок 13. Примесная проводимость полупроводников. Диод.**

*Содержание:* Понятие о донорной и акцепторной примеси ( не рекомендуется рассматривать химию: валентность, ковалентные связи и т. п. ) . Полупроводники р - и п - типа. Особенности контакта ( пограничного или запирающего слоя ) между ними. Полупроводниковый диод.

Вольт амперная характеристика полупроводникового диода ( желательно на осциллографе).

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»



*Демонстрации:* Вольт- амперная характеристика диода, показ различных типов полупроводниковых диодов. Демонстрация односторонней проводимости, примесной проводимости.

*Домашнее задание:* § 72, 73, 74.

#### **Урок 14. Применение полупроводников.**

*Содержание:* Транзисторы (общие сведения), термисторы, фоторезисторы и их применение в технике . Краткие итоги десятой главы.

*Домашнее задание:* § 75, 76, краткие итоги главы X.

#### **Урок 15. Повторительно — обобщающий.**

*Содержание:* Повторение и обобщение материала по схеме:

1. Вид среды: а) металлы, б) вакуум, в) жидкости, г) газы с несамостоятельной проводимостью, д) газы с самостоятельной проводимостью, е) полупроводники с примесной проводимостью.
2. Вид носителей заряда и их происхождение : а) электроны, ионная структура металлов, б) электроны, термоэлектронная эмиссия, в) ионы (анионы, катионы), электролитическая диссоциация, г) электроны и ионы, ионизация внешними ионизаторами, д) электроны и ионы, ионизация ударом (лавинная ионизация), е) электроны и дырки в равной мере, атомно - молекулярная структура, ж) электроны, донорная примесь или дырки, акцепторная примесь.
3. Зависимость сопротивления от температуры.
4. Зависимость силы тока от напряжения или вольт - амперная - характеристика.
- 5.Области применения.

#### **Урок 16. Решение задач.**

*Задачи:* Р.: №№851, 853, 857, 872 и т. п..

*Домашнее задание:* Подготовиться к зачёту.

#### **Урок 17,18 (сдвоенный). Зачет.**

Зачёт по теме в виде письменной контрольной работы, состоящей из задач и качественных вопросов, или физический диктант.

## ***2.2. Методические рекомендации по изучению некоторых вопросов темы “Электрический ток в различных средах”***

### **2.2.1. К методике изучения электрического тока в вакууме.**

Урок, открывающий изучение электрического тока в вакууме, рекомендуется начать с Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

демонстрации опыта, создающего проблемную ситуацию. Для опыта берут электронную лампу типа 6Н7С или 6ПЗ (это двойные триоды с общим катодом), смонтированную на панели с условным изображением вакуумного диода. Обе сетки и оба анода лампы соединяют между собой (при соединении сетки с анодом лампа превращается в диод).

Перед началом демонстрации опыта проводят следующее рассуждение. Теоретически вакуум это пространство, в котором полностью отсутствуют молекулы и атомы вещества. Но практически вакуумом считают пространство, в каком либо сосуде, где молекул так мало, что электроны могут пролетать всё пространство в этом сосуде, не сталкиваясь по пути с молекулами или атомами.

Как правило вакуум получают в стеклянных баллонах различной формы с помощью специальных вакуумных насосов. В баллон впаивают два или более различных по конструкции и форме электродов, с помощью которых полученное таким образом вакуумное устройство включается в электрическую цепь.

Рассмотрим один из простейших вакуумных приборов - диод, состоящий из баллона с двумя электродами : анодом, который сделан из листового никеля в виде диска или цилиндра, и катодом , который состоит из никелевой трубочки, внутри которой имеется нить накала миниатюрная печка.

Если присоединить чувствительный электроизмерительный прибор, например, гальванометр амперметра, к аноду и катоду диода, то ожидать появления тока в цепи не имеет смысла, так как в этой цепи нет источника тока, а в вакууме нет свободных носителей заряда, то есть нет ни одного из условий, необходимых для появления тока.

После этих рассуждений собирают цепь по [рис. 1](#) и убеждаются, что действительно в цепи нет никакого тока. Но в этом и нет ничего удивительного. Затем нагревают катод, подключив к нему источник тока (4 вольта от выпрямителя ВС 12). Проходит некоторое время , за которое учащиеся успевают подумать, что опять никакого тока не будет. Но вот стрелка гальванометра, вначале медленно, затем всё быстрее начинает отклоняться. В цепи появляется ток, хотя по- прежнему в ней нет источника тока. Поэтому естественно задать вопрос: откуда, по какой причине в цепи появляется электрический ток?

Разрешая проблемную ситуацию, можно рассуждать примерно так: вероятно причиной появления тока является нагревание катода, который при этом испускает заряженные частицы, способные достигать анода. Если это так, то при отключении источника тока, нагревающего катод ток не должен прекратиться сразу, как это бывает при размыкании цепи, так как катод не сразу остынет. Действительно, выключив выпрямитель, питающий цепь накала, замечают, что стрелка гальванометра очень медленно возвращается в исходное

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

положение.

Установить знак заряда частиц, вылетающих из катода, можно с помощью гальванометра, так как известно, что при подключении к правой (плюсовой) клемме гальванометра плюса источника тока стрелка отклоняется вправо. Устанавливают стрелку гальванометра на середину шкалы, включают ток накала и наблюдают, куда отклониться стрелка. Так, если к плюсовой клемме подходит провод от анода, то стрелка отклонится влево. Это означает, что на анод поступили заряды со знаком минус. Известно, что частицы, входящие в состав вещества и имеющие отрицательный заряд это электроны. Таким образом устанавливают, что раскаленный катод испускает электроны, которые имеют достаточную кинетическую энергию для того, чтобы достигнуть анода. При этом катод, потерявший электроны заряжается положительно, а анод, получивший электроны отрицательно. Возникающая за счет этого разность потенциалов и создаёт ток в цепи. Это явление называется термоэлектронной эмиссией. Остаётся лишь объяснить это явление с точки зрения основных положений классической электронной теории, которые известны учащимся по курсу 7 класса. В хаотичном движении внутри металла отдельные электроны приобретают кинетическую энергию, превышающую работу выхода электрона из металла. Эти электроны вылетают из металла, а сам при этом заряжается положительно и стремится затянуть вылетевшие электроны обратно. Это явление по своему механизму несколько напоминает процесс испарения с поверхности жидкости. В результате испарения электронов из металла и конденсации электронов внутри металла устанавливается динамическое равновесие и над поверхностью металла образуется электронное облако. Концентрация электронов над поверхностью металла зависит от интенсивности явления термоэлектронной эмиссии, то есть от числа электронов, вылетающих из металла за единицу времени. Это количество ничтожно при обычных температурах (около 300 К) и резко возрастает при повышении температуры до 1000 К и выше. Это можно подтвердить наблюдением величины тока эмиссии при различной степени накала катода в описанном выше опыте.

К сожалению, на уроке нет возможности оценить температуру катода. Поэтому опыт может быть лишь качественным. Для этого включают в цепь накала реостат (лабораторный на 6 - 10 Ом) и демонстрационный амперметр с шунтом на 3 А. Устанавливают ток накала 0.8 А (номинальный для лампы 6Н7) и отмечают силу тока эмиссии. Затем уменьшают ток накала до 0.6 А. Если считать, что приближённо температура накала пропорциональна квадрату силы тока, то следует предположить, что температура уменьшится примерно вдвое. Однако, как покажет гальванометр, ток эмиссии уменьшится не менее чем в пять шесть раз.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

### **2.2.2. К методике изучения электрического тока в полупроводниках.**

Трудно переоценить значение полупроводников в современной технике. На их основе созданы и применяются тысячи разнообразных полупроводниковых приборов и изделий диодов, теристоров, транзисторов и т. п., которые составляют элементную базу электро- и радиотехники, вычислительной и робототехники.

Так как методика изучения полупроводников достаточно подробно излагается в учебной и методической литературе, ограничимся лишь некоторыми вопросами, которые могут вызвать некоторые затруднения при их изучении.

Прежде всего, следует чётко определить само понятие полупроводник, потому, что приставка полу является источником часто встречающихся заблуждений. Одно из них, происхождение, которого не вполне ясно, состоит в том, что полупроводником называют вещества, способные пропускать ток в одном направлении. Вероятно, что при этом ассоциируется приставка полу и односторонняя проводимость полупроводникового диода. Определение полупроводника как вещества, занимающего промежуточное положение между проводниками и изоляторами, которое встречается в большинстве учебной и справочной литературы, не даёт полного представления, так как полупроводники обладают сопротивлением в очень широком диапазоне. Кроме того, не все вещества, обладающие плохой, по сравнению с металлами, проводимостью, являются полупроводниками. Поэтому целесообразнее определять полупроводники как вещества. Удельная проводимость которых в значительной степени зависит от внешнего воздействия температуры, освещённости и т. п.. Это основное свойство полупроводников обусловлено особенностью их микроструктуры.

Рассматривая свойства полупроводников, следует разделить чистые полупроводники и полупроводники с примесной проводимостью на две отдельные группы, так как они значительно отличаются как по величине, так и по механизму проводимости. Достаточно вспомнить, что у чистых полупроводников электрический ток создаётся в равной степени электронами и дырками, а их удельная проводимость очень мала.

Наличие же примеси даже в ничтожном количестве увеличивает удельную проводимость на несколько порядков. Так 0.001 % примеси, то есть один атом на сто тысяч общего числа атомов увеличивает проводимость почти в миллион раз! Но самым существенным свойством полупроводников с примесью, и это следует особо подчеркнуть, является то, что их проводимость обусловлена или только электронами, или только дырками, так как проводимость, оставшаяся от чистого полупроводника ничтожно мала. Это свойство

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

примесной проводимости и лежит в основе устройства большинства полупроводниковых приборов, действие которых основано на особенностях  $p$ -,  $n$ - переходов.

Исходя из этих соображений, рекомендуется изучать вначале механизм собственной проводимости чистых полупроводников и их применение с демонстрацией опытов 105110 (12, стр. 200), а затем механизм примесной проводимости и свойства электронно - дырочного перехода с демонстрацией опытов 111 118(12,стр. 203).

При демонстрации опытов следует обратить особое внимание опыту 113. Определение вида проводимости примесных полупроводников, так, как он не только расширяет понятие о дырочной и электронной проводимости, но и закрепляет метод определения знака носителей заряда , рассмотренный в начале этого параграфа.

### 2.2.3. К методике изучения электрического тока в газах.

Методика изучения электрического тока в газах разработана достаточно подробно и не вызывает серьёзных методических затруднений. Однако, по сложившейся традиции во всех учебных пособиях по физике процессы несамостоятельной и самостоятельной проводимости в газах изображаются на одном графике вольт амперной характеристики (рис. 3). Это может привести к глубокому заблуждению о том, что механизмы несамостоятельной и самостоятельной проводимости аналогичны. Но эти механизмы принципиально отличаются друг от друга, как и отличаются условия возникновения электрического тока в газах. Поэтому целесообразнее рассматривать электропроводность газов как два отдельных случая электрического тока в различных средах: ток в газах с несамостоятельной проводимостью и ток в газах с самостоятельной проводимостью. Такое разделение оправдано ещё и потому, что для этих случаев существенно отличаются механизм ионизации газа, зависимость силы тока от напряжения и ряд других явлений, связанных с прохождением тока в газах. При таком раздельном изучении тока в газах естественно будет и рассмотрение отдельно графиков вольтамперных характеристик для тока при несамостоятельной проводимости и для самостоятельной проводимости (рис. 4, 5).

На первом графике (рис. 4) обращают внимание учащихся на то, что для несамостоятельной проводимости характерно явление тока насыщения, как это наблюдалось для тока в вакууме.

Величина этого тока зависит от интенсивности (производительности) внешнего ионизатора.

На втором графике (рис. 5) следует обратить внимание на то, что ток возникает лишь при определённом значении напряжения между электродами газоразрядного прибора.

Напряжение зажигания зависит от многих условий, главными из которых является степень

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 п. Советский Ейского района Краснодарского края. 22

разреженности газа (величина давления) и состав газа (потенциал ионизации). Следует так же обратить внимание на большую крутизну вольт - амперной характеристики , что свидетельствует о лавинообразном характере процесса. Такое различие в характере вольт - амперных характеристик даёт основание для анализа путём сравнения и сопоставления процессов, происходящих в газах при несамостоятельной и самостоятельной проводимости. В соответствии с концепцией единого методического подхода к изучению электрического тока в различных средах.

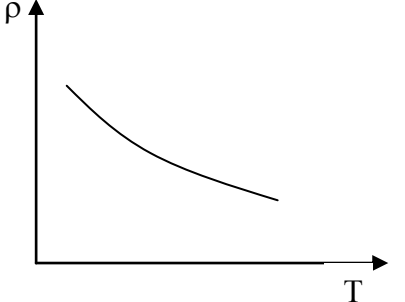
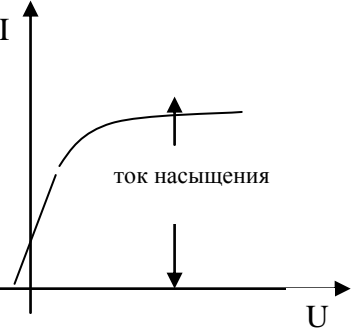
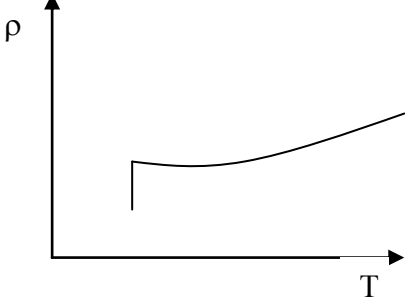
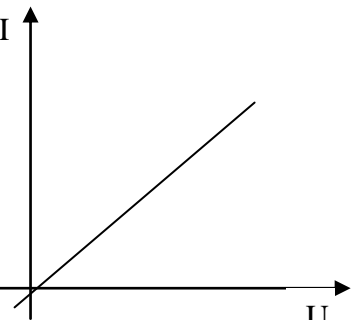
#### **2.2.4. Методика проведения повторительно - обобщающего урока по теме “Электрический ток в различных средах”.**

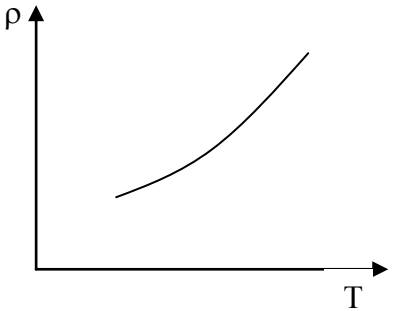
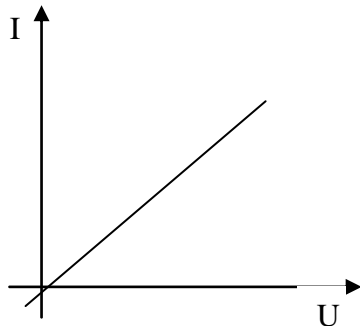
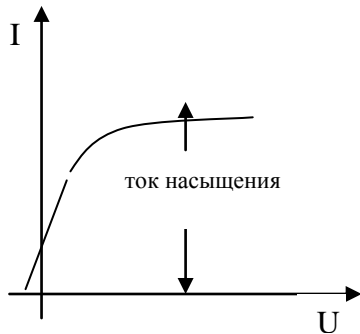
Основной целью повторительно - обобщающего урока является повторение и систематизация знаний, что, в свою очередь, приводит к закреплению, углублению и расширению знаний. Проведение такого урока не снижает, однако, роли и эффективности уроков по решению задач как средства закрепления и углубления знаний.

Структура и методика проведения повторительно - обобщающего урока может быть различной и зависит от привычных для каждого учителя приёмов. Одним из таких приёмов может быть составление обобщающей таблицы, в которой воедино сведены все основные знания по данной теме в соответствии с логической схемой , по которой эта тема изучалась. Реализация этого приёма также может быть различной. Можно, например, дать учащимся лишь форму таблицы, а её заполнение предоставить им самим. Учитель при этом будет выполнять лишь контролирующую функцию. Или, заполнив для примера одну строку таблицы, учитель предлагает некоторым ученикам выйти к доске и заполнить следующую строку, привлекая к участию в этой работе весь класс.


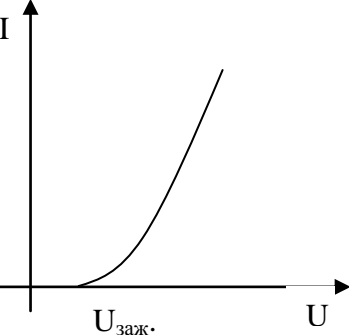

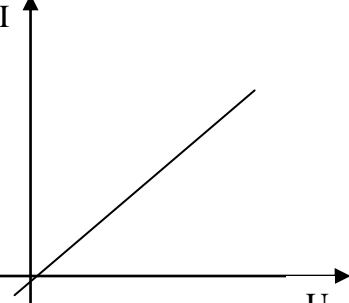
Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

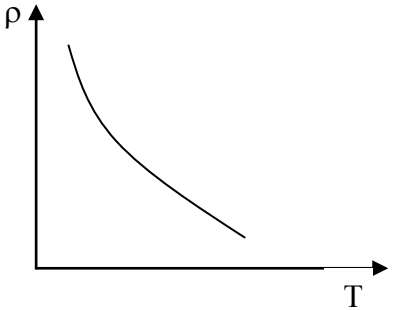
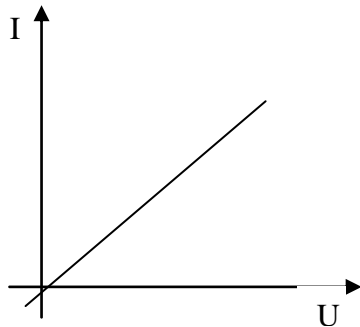
**Примерная форма обобщаю щей таблицы**

| Вид носителей заряда и их происхождение                            | Тип проводимости                             | Зависимость удельного сопротивления от температуры                                  | Вольт- амперная характеристика   | Области применения                                    |
|--|--|---|--|---|
| <p><b>Вакуум:</b><br/>электроны,<br/>термоэлектронная эмиссия.</p> | <p>Несамостоятельная,<br/>односторонняя.</p> |   |  <p>Ток насыщения растёт с повышением температуры катода.</p> | <p>Радиолампы, ЭЛТ, кинескопы и др.</p>               |
| <p><b>Металлы:</b><br/>электроны, ионная структура металла.</p>    | <p>Самостоятельная<br/>двухсторонняя.</p>    |  |    | <p>Проводниковые и монтажные материалы и изделия.</p> |

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| <p><b>Электролиты:<br/>положительные и отрицательные ионы,<br/>электролитическая диссоциация.</b></p>             | <p>Самостоятельная двухсторонняя.</p>    |  |    | <p>Гальванотехника,<br/>электрометаллургия.</p>                             |
| <p><b>Газы с несамостоятельной проводимостью:<br/>электроны и ионы (ионизация нагреванием или излучением)</b></p> | <p>Несамостоятельная, двухсторонняя.</p> |  |  <p>Ток насыщения растёт с повышением температуры.</p> | <p>Газоразрядные счётчики,<br/>ионизационные камеры,<br/>дуговая сварка</p> |



|  |                                       |  |   |  |
|--|---------------------------------------|--|---|--|
| <p><b>Газы с самостоятельной проводимостью: электроны и ионы (ударная ионизация)</b></p>                   | <p>Самостоятельная двухсторонняя.</p> |  |  | <p>Ионные приборы: сигнальные лампы, тиратроны, рекламные трубки</p> |
| <p><b>Полупроводники с собственной проводимостью: электроны, дырки, ковалентные связи в кристаллах</b></p> | <p>Самостоятельная двухсторонняя</p>  |  |  | <p>Термо- и фото-резисторы</p>                                       |

|  |                               |  |   |                                   |
|--|-------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| <b>Полупроводники с примесной проводимостью: электроны или дырки, донорные ил акцепторные примеси.</b> | Самостоятельная двухсторонняя |  |  | Термоэлементы, диоды, транзисторы |
|--|-------------------------------|--|---|-----------------------------------|

### **3.1 .Методика изучения некоторых вопросов темы.**

#### **3.1.1. Методика изучения вопроса Электрический ток в вакууме. Вакуумный диод.**

*Ход урока:*

Этап 1: Изучение нового материала.

В радиотехнике широко используются электронные лампы, В этих лампах, а так же в электронно - лучевых трубках электроны движутся в вакууме. Откуда же берутся потоки электронов в вакууме ? И что такое вакуум?

Вакуум можно получить откачивая газ из запаянного сосуда. И при давлении порядка  $10^{-6}$  -  $10^{-7}$  мм. рт. ст. можно считать, что в баллоне вакуум. При наличии вакуума молекулы могут пролетать от одной стенки сосуда к другой не испытывая соударений. Но если нет соударений то нет и освободившихся носителей заряда.

??? Откуда же берётся ток?

!!! должен быть источник заряженных частиц.

Чтобы узнать откуда берутся свободные носители заряда, сделаем такой опыт: Собираю цепь по **схеме 1**. Объясняю, что такое вакуумная лампа, её устройство. Оговариваю, что внутри лампы вакуум, то есть свободных носителей там нет. В цепи гальванометра нет источника тока. Гальванометр показывает отсутствие тока. Но катод лампы можно подогреть расположенной внутри него спиралью печкой. Включая нагрев катода замечаем, что по мере его разогрева в цепи гальванометра постепенно появляется ток. При выключении накала ток так же постепенно, по мере охлаждения катода убывает, и, наконец, прекращается.

??? Что вы можете сказать о роли нагрева катода?

!!! Нагретый катод является источником свободных заряженных частиц. Подобно тому, как испаряется вода, испаряются нагретые частицы с поверхности катода. Но для того, чтобы в цепи был ток, необходимы 2 условия:

- 1) Наличие свободных зарядов
- 2) Наличие силового поля

Первое условие выполнено. А откуда же берётся силовое поле?

Оказывается, что между анодом и катодом возникает разность потенциалов: покидая катод и долетая до анода, частицы осаждаются на нём при этом заряжая анод противоположно катоду. Таким образом, между анодом и катодом возникает разность потенциалов. Остаётся вопрос : Какие же частицы, известные нам, являются носителями заряда ? Давайте попытаемся определить знак носителей заряда. Для этого воспользуемся Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

правилом : Если на плюсовую клемму гальванометра подключена плюсовая клемма

источника, то стрелка гальванометра отклонится вправо, если же минусовая, то влево.

Определяем, какая клемма источника подключена к плюсовой клемме гальванометра, затем

включаем источник тока, и замечаем в какую сторону отклоняется стрелка гальванометра.

Стрелка отклонилась влево. Делаем вывод, что носителями заряда являются электроны.

**Определение: Явление испускания нагретыми металлами электронов, называется термоэлектронной эмиссией.**

Явление термоэлектронной эмиссии приводит к тому, что нагретый металлический электрод

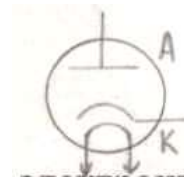
непрерывно испускает электроны. Это приводит к односторонней проводимости

электрического тока между анодом и катодом. Односторонняя

проводимость используется в электронных приборах с двумя

электродами вакуумных диодах. На электросхемах вакуумный диод

изображается следующим значком:



Свойства любого электронного устройства отражает его вольт - амперная характеристика.

Получить её можно, собрав цепь по **схеме 1а**.

Выходит два ученика: один устанавливает напряжение и снимает показания с приборов, другой записывает показания и строит вольт - амперную характеристику. Видно, что зависимость не подчиняется закону Ома. Существует так называемое задерживающее напряжение - напряжение, при котором электроны не достигают анода. Существует ток насыщения - когда все электроны попадают на анод и при дальнейшем увеличении напряжения сила тока не меняется. Если повысить температуру, то катод будет покидать большее число электронов. Ток насыщения возникнет при большем напряжении между анодом и катодом и сила тока насыщения будет больше. Вакуумные диоды применяются в радиоэлектронике для выпрямления переменного тока.

#### Этап 2. Закрепление материала.

Материал закрепляем путём решения задач типа Р.: № 867, 868.

#### Этап 3. Домашнее задание.

§ 77, Упр. 12 (8), Р.: №866.

### 3.1.2. Методика изучения вопроса Примесная проводимость полупроводников.

#### Полупроводниковый диод.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

**Этап 1. Проверка усвоения ранее изученного материала и повторение (устный опрос).**

??? Какие вещества называют полупроводниками?

!!! Вещества, проводимость которых в миллиарды раз меньше, чем у металлов называют полупроводниками.

??? Какова примерно концентрация свободных носителей заряда в металлах и полупроводниках без примесей?

!!! В металлах: от  $10^{28}$  —  $10^{29} \text{ м}^3$ , а в полупроводниках: от  $10^{13}$  —  $10^{19} \text{ м}^3$ .

??? Что является носителями заряда в чистых полупроводниках?

!!! В чистых полупроводниках носителями положительного заряда являются дырки, а отрицательного — электроны.

??? Какой вид проводимости (электронная или дырочная) преобладает в чистых полупроводниках?

!!! В чистых полупроводниках электронная и дырочная проводимости одинаковы.

??? Назовите известные вам вещества, являющиеся полупроводниками.

!!! Германий (Ge), кремний (Si), селен (Se), теллур (Te), оксид меди, карбид кремния, и т. д.

*После ответа привожу таблицу «Концентрация носителей заряда в чистых полупроводниках»*

| Ge                                  | Si                                  | Se                        | Te                        |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $2,5 \cdot 10^{19} (\text{м}^{-3})$ | $1,6 \cdot 10^{13} (\text{м}^{-3})$ | $10^{18} (\text{м}^{-3})$ | $10^{19} (\text{м}^{-3})$ |

??? Как можно увеличить концентрацию основных носителей в чистых полупроводниках?

!!! Путём нагрева или освещения.

??? Дайте определение «полупроводника» на основе зависимости проводимости от температуры и освещённости.

!!! Полупроводники — это вещества, у которых проводимость возрастает во много раз при нагревании и освещении.

**Этап 2. Изложение нового материала.**

**а) донорные примеси.**

Если в чистый полупроводник ввести примесь химического элемента, валентность которого больше, чем у основного элемента (например, к четырёхвалентному кремнию добавить пентавалентный мышьяк), то у атомов мышьяка по одному валентному электрону  
Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Муниципальное общеобразовательное учреждение средняя общеобразовательная школа №7 п. Советский Ейского района Краснодарского края. окажутся незадействованными в связях, они будут «свободными». Эти свободные электроны станут *электронами проводимости*.

*Определение.* Примесь, поставляющая свободные электроны, называется *донорной*, а полупроводник называется *полупроводником n — типа*.

Давайте посмотрим: сколько электронов проводимости образуется, если к  $1 \text{ м}^3$  кремния добавить 1 г мышьяка.

| ДАНО:                           | РЕШЕНИЕ:  |
|---------------------------------|---|
| $M_{\text{Si}} = 28$            | Если к $1 \text{ м}^3$ кремния добавить 1 грамм мышьяка, то это внесёт $n_x$ электронов проводимости:   |
| $M_{\text{As}} = 74$            |   |
| $V_{\text{Si}} = 1 \text{ м}^3$ |   |
| $m_{\text{As}} = 1 \text{ г}$   |   |
| $n_x = ?$                       | $n = \frac{m_{\text{As}}}{M_{\text{As}}} \cdot N_a = \frac{10^{-3}}{74} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} \approx 8 \cdot 10^{20} (\text{м}^{-3})$ <p>Давайте сравним это с концентрацией свободных носителей у кремния: <math>n_{\text{Si}} = 1.6 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}</math>; <math>n_x = 8 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}</math>. Это в <math>5 \cdot 10^7</math> раз больше (в 50 миллионов раз!).</p> |

Видите, как сильно возрастает концентрация от примеси мышьяка в 1 г, к  $m_{\text{Si}} = \rho \cdot V = 2300 \text{ кг}$  кремния! ( $\rho_{\text{Si}} = 2330 \text{ кг/м}^3$ ). Один грамм мышьяка от примеси кремния составляет всего 0,00004 %.

Итак, если в чистый полупроводник внести донорную примесь, мы существенно повысим концентрацию свободных носителей заряда — электронов.

### б) Акцепторные примеси.:

??? А как вы считаете, что произойдёт, если к тому же самому четырёхвалентному германию добавить примесь трёхвалентного индия?

!!! При введении такой примеси образуется свободное место в атоме индия, и электрон атома германия может перейти на это место в атоме индия, т.о. пустое место — *дырка* — перемещается по полупроводнику.

*Определение:* Примеси, поставляющие дырки, называются *акцепторными*. А полупроводники, получаемые при этом, называют полупроводниками p - типа.

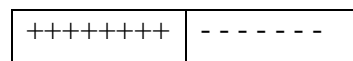
Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

Демонстрирую два полупроводниковых брусочка и предлагаю определить какого они типа. Рисую на доске схему опыта и объясняю учащимся, что при нагревании верхнего конца полупроводникового брусочка, имеющиеся в нём свободные носители заряда будут перемещаться от горячего конца бруска к холодному, т. е. вниз. Так как направление движения заряженных частиц в цепи гальванометра известно, то можно использовать уже известный нам метод определения знака заряда этих частиц.

Провод от средней (общей) клеммы термоэлемента подключается к левой (минусовой) клемме гальванометра, а провод от правого образца полупроводникового брусочка — к плюсовой клемме. Нагреваем паяльником верхний конец образца и учащиеся наблюдают отклонение стрелки гальванометра влево, что свидетельствует о наличии отрицательных носителей заряда — электронов. Следовательно проводимость брусочка — электронная, а сам полупроводник — n - типа. Затем провод от плюсовой клеммы гальванометра присоединяем к левому образцу и наблюдаем отклонение стрелки гальванометра вправо.

Следовательно заряд носителей - положительный - это дырки, а полупроводник - p - типа.

Теперь давайте рассмотрим контакт полупроводников p и n типов.



В результате встречной диффузии электронов и дырок у такого перехода образуется запирающий электрический слой, поле которого препятствует дальнейшему переходу электронов и дырок через границу. Запирающий слой обеднён свободными носителями заряда и поэтому имеет повышенное сопротивление. Давайте включим такой контакт в цепь: p- область подсоединим к плюсу источника, n- область — минусу источника, К цепи подсоединим амперметр.

В результате основные носители в n- области (электроны) двигаются под действием внешнего электрического поля к плюсовой клемме, а основные носители в p- области (дырки) в силу той же причины двигаются к минусовой клемме. Таким образом запирающий слой разрушается и в цепи течёт ток. Такое включение называют *прямым переходом*.

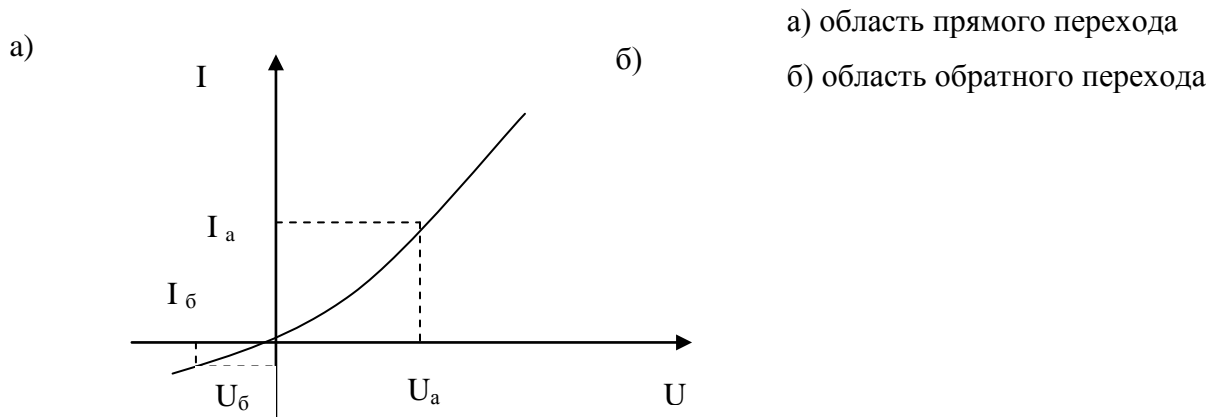
Теперь мы сменим полярность (обратное подключение).

Сопротивление запирающего слоя резко возрастёт и тока в цепи не будет. На самом же деле ток в цепи течёт, но он очень мал, так как он создаётся не основными носителями заряда, которых меньшинство.

Результаты опытов говорят о том, что контакт полупроводников p и n типов обладает *односторонней проводимостью*.

Обобщение педагогического опыта учителя физики Федоряка Натальи Александровны по теме «Изучение темы «Электрический ток в различных средах» в профильных классах средней школы»

ВАХ имеет вид:



Эффект односторонней проводимости широко используется в радиотехнике и автоматике. Контакт полупроводников р и п типов называется *полупроводниковым диодом*. Современные диоды чаще всего делают из германия или кремния, в которых благодаря соответствующим примесям создаются соприкасающиеся между собой области с электронной и дырочной проводимостью.