Г.С. ГУРЕВИЧ
С.Н. КАНЕВСКИЙ

ФИЗИКА,
ПОНЯТНАЯ ВСЕМ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ СОЗДАЁТСЯ ТОЛЬКО ЭЛЕКТРОНАМИ

/теория абсолютности/

УДК 533
ББК 63.22
Г95

Гуревич Г.С., Каневский С.Н.
Г95 Электрический ток в различных средах создаётся только электронами.
Теория абсолютности.
– М.: ИПО «У Никитских ворот», 2015 – 100 с.

ISBN 978-5-906787-15-6

В книге доказано, что в газах и в электролитах электрический ток образован не ионами, как утверждает современная физика, а электронами, так же как в металлических проводниках и в вакууме. Поток ионов является вторичным процессом, сопутствующим движению электронов.

В книге доказано, что в полупроводниках электрический ток также образован электронами.

В любых средах (вакуум, металл, газ, электролит, полупроводник и любая другая среда) электрический ток образован электронами и представляет собой только движение электронов.

ISBN 978-5-906787-15-6
© Гуревич Г.С., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

§1 ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДЕ 11

1.1 Электрическая проводимость различных веществ..... 11

§ 2 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛЕ 13

2.1 Электронная проводимость металлов 13
2.1.1 Свободные электроны в металлах 13
2.2 Механическая аналогия электрической цепи 15
2.3 Сила, действующая на электроны проводника с током..... 18
2.3.1 Ионизация электронным ударом 19
2.4 Сопротивление движению электронов..... 21
2.5 Вольт-амперная характеристика 22

§3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ 23

3.1 Поведение электронных оболочек атомов газа в вакууме ... 23
3.1.1 Электронная эмиссия 24
3.2 Получение электрического тока в вакууме..... 24
3.3 Двухэлектродная электронная лампа 27
3.3.1 Вольт-амперная характеристика диода 29

§4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ..... 30

4.1 Ионизация. рекомбинация 36
4.2 Зависимость тока в газе от напряжения батареи 37
4.3 Разряды в газе 39
4.3.1 Самостоятельный разряд в газе 39
4.3.2 Ионизация электронным ударом. Батарея – ускоритель..... 40
4.3.3 Тлеющий разряд 40
4.3.4 Коронный разряд..... 41
4.3.5 Искровой разряд..... 41
4.3.6 Дуговой разряд 43
4.4 Молнии..... 44
4.4.1 Шаровая молния..... 46

4.5 Механизм электропроводности газов 46
4.5.1 Исследуем механизм проводимости газов 49
4.6 Плазма 51
4.6.1 Свойства плазмы 53
4.7 Плазма во вселенной и вокруг нас 53
4.8 Управляемая цепная электронно-ионная реакция. пламя ... 54

§5 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАСТВОРАХ И РАСПЛАВАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ 55

5.1 Процесс создания электрического тока в электролите 57
5.2 Закон ома в растворах и электролитах 60

§6 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ 64

6.1 Строение полупроводников 65
6.2 Проводимость полупроводников 66
6.3 Примесная электропроводность полупроводников 67
6.3.1 Донорные примеси 67
6.3.2 Акцепторные примеси 68
6.4 Полупроводниковый переход 69
6.5 Устройство и принцип работы полупроводникового диода 71
6.6 Устройство и принцип действия транзистора 76

«ФИЗИКА, ПОНЯТНАЯ ВСЕМ» ПРЕДСТАВЛЕНА В СЛЕДУЮЩЕЙ КОНФИГУРАЦИИ 92

ЛИТЕРАТУРА 95

§1 ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДЕ

В эволюционном процессе макротела на определённом историческом этапе при определённых условиях образуется материальная субстанция в различных состояниях. Эволюционные процессы макротел описаны в книгах **«Астродинамика» Г.С. Гуревич и С.Н. Каневский [14], «Чем Солнце тянет Землю?» Г.С. Гуревич и С.Н. Каневский [57]**.

Состояние материальной субстанции, исследованное и понятое наукой, получает название, например, электрический ток в металлическом проводнике или электрический ток в вакууме. Доказано, что электрический ток в этих средах образован электронами.

Непонятое наукой состояние материальной субстанции наука относит к категории всевозможных полей.

Электроны, движущиеся в различных средах, образуют все «поля» окружающего нас мира.

Электроны, движущиеся вокруг одного полюса заряженного тела, создают электростатическое поле.

Электроны, движущиеся между полюсами магнита, создают магнитное поле.

Электроны, движущиеся вне проводника с током, создают электромагнитное поле.

Хаотическое движение электронов создаёт тепловое поле. В газообразной и жидкой среде атомы подвижны и поэтому принимают участие в образовании теплового поля.

Взаимодействие движущихся электронов с внешними (оптическими) электронами атомов создаёт световое поля.

Гравитационное поле Земли, в котором образованы поля, определяет их взаимодействие между собой.

1.1 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Электрический ток проводят твёрдые, жидкие и газообразные тела. По способности веществ проводить электрический ток их можно разделить на несколько групп. К одной группе относятся вещества, электроны атомов которых слабо связаны с ядром. Электроны, расположенные на внешних орбитах ядер этих веществ,

легче покидают атомы. Поэтому в этих веществах легко создать электрический ток. Эти вещества называют **проводниками**.

К другой группе относятся вещества, электроны атомов которых сильнее связаны с ядром. Поэтому, для создания свободных электронов, то есть для того чтобы выбить электроны из атомов, необходимо затратить больше энергии. Сила тока в этих веществах даже при большой разности потенциалов очень мала. Эти вещества называют **изоляторами** или **диэлектриками**.

Деление веществ на проводники и изоляторы условно. В природе нет идеальных изоляторов.

Проводники.

К проводникам, прежде всего, следует отнести все металлы, среди которых наилучшей электропроводностью обладают серебро, медь, алюминий.

Наряду с металлами хорошими проводниками являются водные растворы или расплавы электролитов и ионизованный газ – плазма. При определённых условиях и в вакууме может существовать электрический ток.

Диэлектрики

К числу хороших изоляторов относятся янтарь, стекло и др. Жидкими диэлектриками являются керосин, дистиллированная вода и др.

Лучший изолятор – вакуум. Неионизованные газы, в том числе и воздух, также хорошие изоляторы.

Полупроводники

Кроме проводников и диэлектриков имеется группа веществ, (в основном твёрдых), проводимость которых занимает промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Эти вещества не настолько хорошо проводят электрический ток, чтобы их назвать проводниками, и не настолько плохо, чтобы их отнести к диэлектрикам. Поэтому они получили название **полупроводников**. К ним относятся кремний, германий, селен и др. Существуют и жидкие полупроводники.

§ 2 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛЕ

2.1 ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ МЕТАЛЛОВ

Экспериментально установлено, что носителями электрического тока в металлах являются свободные электроны. Электроны, находящиеся на внешних уровнях электронных оболочек атомов металлов, слабо связаны с ядрами этих атомов. Теряя электроны, атом переходит из основного (нейтрального) состояния в возбуждённое состояние, заключающееся в том, что на внешней орбите этого атома появится как бы свободное (вакантное место). Это означает, что плотность вещества на электронной орбите стала меньше. Количество протонов в ядре атома, в этом случае, будет больше, чем электронов в электронной оболочке этого атома. Атом станет положительным ионом. Возможно нахождение лишнего электрона на электронной орбите атома. В этом случае плотность электронов на электронной орбите атома будет больше, чем в нейтральном состоянии атома. Атом перейдёт в состояние отрицательного иона.

Покинуть атом электрон может, только получив дополнительную энергию, большую, чем энергия связи этого электрона в атоме. Эту дополнительную энергию электрону можно передать путём нагрева металла, или путём подсоединения металлического проводника к источнику тока – батарее, или любым другим путём, например, облучением светом и пр. При нагреве металла электроны, получив дополнительную энергию, переходят в хаотическое, броуновское движение, перемещаясь беспорядочно между атомами.

При подсоединении проводника к электрической батарее, избыточные электроны, находящиеся на отрицательном полюсе батареи, устремятся к положительному полюсу этой батареи, создавая движение электронов в подсоединённом проводнике.

2.1.1 Свободные электроны в металлах

Пока металлический проводник находится в естественных условиях, плотность свободных электронов в проводнике определяется температурным режимом окружающей среды. Так как в металле атомы находятся в узлах кристаллической решётки, то элек-

троны на внутренних электронных оболочках атомов сильно связаны с ядрами своих атомов. Электроны, расположенные на внешних оболочках этих атомов, слабо связаны с ядрами своих атомов и могут быть выбиты из своих электронных орбит. Это можно сделать, например, нагревая проводник.

Что значит нагреть проводник? Это значит надо заставить электроны этого проводника двигаться хаотически с большей скоростью. Температура – это мера среднеквадратичной скорости движения микрочастиц, в нашем случае электронов. Внося проводник в среду с различными температурными режимами, мы подвергаем атаке электроны проводника электронами этой среды. Нагревая проводник, мы бомбардируем электроны атомов проводника электронами нагревателя.

Оказывается, уже при 20 градусах электроны выбиваются с внешних орбит атомов металла. Покидая атом, электроны продолжают беспорядочно двигаться от атома к атому, от одной электронной оболочки к другой электронной оболочке атомов проводника. Чем ниже температура среды, в которой находится проводник, тем реже электроны покидают свои атомы, продолжая вращаться вокруг своих ядер и, следовательно, меньше хаотическое движение электронов между атомами.

При включении металлического проводника в электрическую цепь, внешние электроны атомов проводника, покидая атомы, получают направленное движение вдоль проводника. Чем ниже температура проводника, тем меньше электронов, хаотически движущихся между атомами проводника, тем меньше препятствий они создают на пути электронов, участвующих в создании электрического тока. При температуре абсолютного нуля, хаотическое движение электронов между атомами прекращается, и, соответственно исчезают препятствия на пути движения электронов электрического тока. Сопротивление движению электронов тока становится равным нулю, наступает, так называемая, сверхпроводимость.

Под действием электронов источника тока, электроны проводника начинают упорядоченно перемещаться между постоянно образующимися положительными ионами, находящимися в узлах кристаллической решётки проводника.

Положительные ионы кристаллической решётки металла в твёрдом состоянии не принимают участия в создании тока. Их пе-

ремещение при прохождении тока означало бы перенос вещества вдоль проводника. Опыты же по пропусканию тока в течение многих месяцев показали, что ничего подобного не происходит.

Под действием электронов источника тока электроны в металлическом проводнике движутся с постоянной средней скоростью. **из-за торможения со стороны электронов электронных оболочек атомов, расположенных в узлах кристаллической решетки и из-за столкновения электронов между собой.**

2.2 МЕХАНИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Движение электронов в проводнике подобно движению воды по трубам.

Избыток электронов находится на отрицательно заряженном электроде. Положительно заряженный электрод – это полюс с недостатком электронов. Положительно и отрицательно заряженные электроды можно рассматривать как два сосуда. Соединив сосуды между собой, получим сообщающиеся сосуды.

Проведём аналогию. Возьмём две пробирки с водой. В одной пробирке воды больше, чем в другой. В условиях гравитационного поля, пробирка с большим уровнем воды обладает большей потенциальной энергией по отношению к пробирке с меньшим уровнем воды. Разность потенциалов в этом случае создана гравитационным полем Земли. Если соединить эти две пробирки трубкой, произойдёт выравнивание разности потенциалов. Вода из трубки с большим уровнем перетечёт в пробирку с меньшим уровнем. Если это не пробирки, а уровни больших водоёмов, то вода по трубе будет течь сколь угодно долго. Этот процесс в точности соответствует процессу образования электрического тока. Создавая избыток электронов на одном электроде батареи по отношению к другому электроду батареи, мы создаём условия для возможного движения электронов. Соединив проводом эти два электрода, мы создадим те же условия, как в приведенном выше примере с пробирками. Движение электронов от электрода с избытком электронов к электроду с недостатком электронов – есть электрический ток.

Исследуем механизм движения электронов в различных средах: металле, электролите, газе, полупроводнике.

Отрицательно заряженный электрод создаёт в окружающем пространстве электростатическое поле, т.е. пространство, заполненное движущимися электронами. Если провести аналогию с пробиркой, заполненной водой, но с множеством отверстий в стекле пробирки, то через эти отверстия потекут струйки воды, заполняя пространство вокруг пробирки. Это пространство, заполненное струйками воды можно назвать «водяным полем». Стекло пробирки – есть запирающий слой. Пористый материал, не являющийся абсолютно запирающим слоем, будет пропускать воду постоянно, как это имеет место на отрицательно заряженном электроде в окружении воздуха. Этот запирающий слой определит процессы, происходящие в поле воды за пределами пробирки. Можно исследовать скорость вытекания струй воды, плотность воды в этом поле и пр. пр. То же самое происходит вокруг отрицательно заряженного электрода. Только в этом случае избыток электронов на одном из электродов создаётся с помощью источника электронов (электрофорная машина, генератор, электростанция). Роль запирающего слоя будет играть либо воздух, либо специальный изолятор.

Но если пространство между положительно и отрицательно заряженными электродами заполнено не проводящим электроны материалом – изолятором, то электроны не могут стекать к положительному электроду, т.е. туда, где их недостаток.

Для поддержания длительной циркуляции электронов в замкнутом контуре, необходим источник тока, который компенсирует потери части электронов, рассеянных в процессе взаимодействия электронов в этой цепи.

Для лучшего понимания значения источника тока в замкнутой электрической цепи рассмотрим следующую механическую аналогию.

На **Рис.2.1,а** изображён замкнутый контур, состоящий из труб, насоса **Н** и водомера **В**. Чтобы исключить силы тяжести расположим контур горизонтально. Весь контур заполнен жидкостью, например, водой. На любом участке горизонтальной трубы жидкость течёт за счёт **разности давлений** на концах участка, созданных насосом. Жидкость перемещается в сторону уменьшения давления. Но сила давления, появляющаяся вследствие сжатия жидкости – это вид сил упругости, которые являются потенциальными силами. Поэтому работа этих сил на замкнутом пути, как и работа

кулоновских сил, равна нулю. Следовательно, одни эти силы не могут вызвать длительную циркуляцию жидкости в замкнутом контуре, так как течение жидкости сопровождается потерями энергии вследствие действия сил трения.

Для циркуляции воды необходим насос – аналог источника тока. Крыльчатка этого насоса действует на частички жидкости и создаёт постоянную разность давлений (напор) на входе и выходе насоса, благодаря чему жидкость и течёт по трубам. Роль сторонних сил, компенсирующих потери на трение в трубах, выполняет крыльчатка насоса, действующая на частички жидкости. Вне насоса вода течёт от участков с большим давлением, к участкам с меньшим давлением. Внутри насоса вода течёт от участков с меньшим давлением к участкам с большим давлением.

Электрическая цепь **Рис.2.1,б** представляет собой точную аналогию водяной цепи в трубах. Электрическая цепь состоит из батареи **Б**, проводов и гальванометра **Г**, измеряющего проходящий по проводнику ток. Роль насоса выполняет батарея, создавая избыток электронов на отрицательном полюсе (выход насоса) и недостаток электронов – на положительном полюсе (вход насоса).

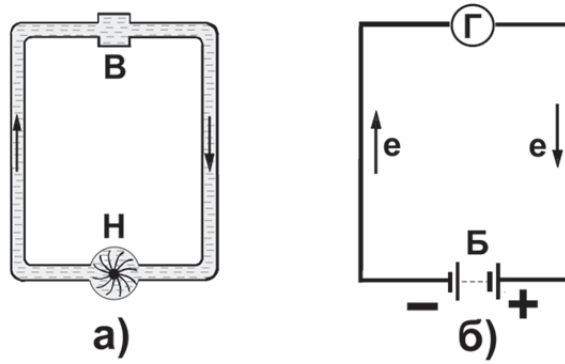

Рис. 2.1

Вне батареи электроны текут от отрицательного полюса (избыток электронов) к положительному полюсу (недостаток электронов).

Но есть существенное различие в замкнутом цикле движения материальной субстанции в выше проведенных аналогиях. Частички воды, находящиеся на выходе насоса, не могут двигаться в обратном направлении. Так устроен насос.

Избыток электронов на отрицательном полюсе батареи создаётся химическими процессами, проходящими в гальванических элементах. Между электродами нет запирающего слоя, поэтому батарея со временем разряжается.

Исследование электрического тока в различных средах, заключается в анализе взаимодействия электронов, созданных на электродах батареи и процессов, происходящих в проводах и приборах, при соединении этих приборов с электродами батареи.

Прежде, чем исследовать протекание электрического тока в различных средах, исследуем электрический ток в вакууме.

2.3 СИЛА, ДЕЙСТВУЮЩАЯ НА ЭЛЕКТРОНЫ ПРОВОДНИКА С ТОКОМ

При постоянной силе тока средняя скорость упорядоченного движения свободных электронов постоянна: $\upsilon = \text{const}$.

Напряжённость $\vec{G}_{\text{T1}}(\xi_{\text{T1}} \cdot m)$, созданная между полюсами источника тока T_1 , вынуждает электроны источника $(\xi_{\text{T1}} \cdot m)$ двигаться от отрицательного полюса источника тока (избыток электронов), к положительному полюсу источника тока (недостаток электронов) по проводнику $\text{T}_2(\xi_{\text{T2}} \cdot m)$, включённому между этими полюсами. Такими проводниками могут быть металлический проводник, газовый проводник, электролитический проводник. В любом из проводников, электроны источника $(\xi_{\text{T1}} \cdot m)$ создают давление на электроны $(\xi_{\text{T2}} \cdot m)$ проводника, включённого в цепь, этого источника тока. В результате этого давления возникает сила $\vec{F}((\xi_{\text{T1}} \cdot m) \rightarrow (\xi_{\text{T2}} \cdot m))$, вынуждающая электроны $(\xi_{\text{T2}} \cdot m)$ проводника T_2 двигаться вдоль проводника, независимо от среды, которую представляет проводник,

Электромагнитная сила $\vec{F}((\xi_{\text{T1}} \cdot m) \rightarrow (\xi_{\text{T2}} \cdot m))$ является суммой магнитной составляющей и электрической составляющей, (**«Электродинамика» Г.С. Гуревич и С.Н. Каневский [10] и «Электромагнитное поле проводника с током» Г.С. Гуревич и С.Н. Каневский [51]).**

Эта формула будет одинаковой для любой среды, являющейся проводником между полюсами источника тока.

$$\vec{F}_{\langle T1\rangle}((\xi_{T1}\cdot m)\rightarrow(\xi_{T2}\cdot m))=\frac{(q_{T1})\cdot(q_{T2})}{R^2} \qquad (2.1)$$

Сила $\vec{F}_{\langle T1\rangle}((\xi_{T1}\cdot m)\rightarrow(\xi_{T2}\cdot m))$, приложенная к электронам $(\xi_{T2}\cdot m)$ проводника T_2, приведёт в движение электроны проводника T_2 с ускорением $\vec{g}(\xi_{T2}\cdot m)$ и скоростью $\vec{V}(\xi_{T2}\cdot m)$, определяемыми разностью потенциалов источника тока (**«Электродинамика» Г.С. Гуревич и С.Н. Каневский [10] и «Электромагнитное поле проводника с током» Г.С. Гуревич и С.Н. Каневский [51]**)

Электроны $(\xi_{T2}\cdot m)$ проводника T_2 придут в движение и создадут электрический ток *I* в проводнике, включенном в цепь источника T_1.

Разность потенциалов источника T_1 создаёт скорость движения электронов в проводнике T_2.

2.3.1 Ионизация электронным ударом

Электроны источника тока $(\xi_{T1}\cdot m)$, двигаясь под действием разности потенциалов источника по проводнику, сталкиваются с электронами $(\xi_{T2}\cdot m)$ атомов проводника. Обозначим электроны источника тока символом e_1, а электроны атомов проводника обозначим символом e_2.

Взаимодействие электронов показано на **Рис.2.2**.

Рис. 2.2

Пусть электроны источника тока $(\xi_{T1} \cdot m)$, имеющие скорость $\vec{V}(\xi_{T1} \cdot m)$ врываются в проводник, подключённый к источнику тока. Эти электроны вступают во взаимодействие с электронами электронных оболочек атомов **В** проводника **Рис.2.2,а**. До включения проводника в цепь источника тока, электроны атомов проводника не имели направленного движения относительно проводника и могли передвигаться между атомами проводника хаотически, участвуя только в создании теплового процесса.

Средняя скорость $\vec{V}(\xi_{T2} \cdot m)$ перемещения вдоль проводника электронов e_2, покинувших атомы, равна нулю, так как хаотически движущиеся электроны не имеют направленного движения и движутся во всех направлениях.

Если кинетическая энергия электрона источника тока e_1 **Рис.2.2,а**, имеющего массу m, превосходит работу выхода $A_B(\xi_{T2} \cdot m)$, которую нужно совершить, чтобы выбить электрон e_2 из электронной оболочки атома **В** проводника, т. е. если:

$$\frac{mV^2(\xi_{T1} \cdot m)}{2} > A_B(\xi_{T2} \cdot m) \qquad (2.2)$$

то при столкновении электрона источника тока e_1 с электроном атома **В** проводника, происходит ионизация атома **В** проводника. В результате столкновения электрона e_1 с атомом **Рис.2.2,б о**бразуется выбитый из атома **В** электрон e_2 и положительный ион B^+.

Исследуем, что произойдёт со скоростями взаимодействующих электронов.

Скорость передачи импульса $\vec{P}$ между электронами является константой, равной скорости света **С**, так как абсолютная скорость движения вдоль винтовой траектории равна скорости **С**.

$$C = 3 \cdot 10^{10} см/сек \qquad (2.3)$$