

СУТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА (ОТ КАТОДНЫХ ЛУЧЕЙ – ДО ТОПЛИВНЫХ И ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ)

Ильченко И.В.¹, Ильченко Л.И.²

¹Ильченко Иван Владиславович – независимый исследователь, г. Москва;

²Ильченко Леонид Иванович – кандидат технических наук, доцент, независимый исследователь, г. Владивосток

Аннотация: предложена модель орбитального вращения электрона, объясняющая механизм ковалентной связи и ее проявление в металле – кристаллической решетке. Показано, что зонная теория и гипотеза электронного газа не способны объяснить ковалентную связь в твердом теле и связь атомов в металлах. В опытах Дж. Томсона с электронно-лучевой трубкой принятие электронов за носители электрического тока в катодных лучах недостаточно обосновано, содержит противоречия и ошибочно. Анализируя работы по статическому электричеству, фотоэффекту, термоэлектронной эмиссии и сопоставляя их с результатами спектрального анализа, сделан вывод о невозможности выхода электронов из металлов и ошибочность представлений, связанных с выходом. Уточнено понятие электродного потенциала и показано, что в гальванических и топливных элементах окислительно-восстановительные реакции протекают без перемещения электронов, катионов и анионов. Эффект “холодного свечения” – люминисценцию предложено соотносить с прецессионным вращением электронов под воздействием внешних электрических и магнитных полей. Обосновано представление об электрическом токе как потоке электромагнитного поля в каналах проводимости кристаллической решетки проводника, образуемых прецессией орбит электронов.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, катодные лучи, фотоэффект, статическое электричество, зонная теория, ковалентная связь, электрон-позитронная пара, электродный потенциал, двойной пограничный слой, каналы проводимости электрического тока, прецессия, топливные, гальванические элементы.

ESSENCE OF ELECTRIC CURRENT (FROM CATHODE RAYS - TO FUEL AND GALVANIC CELLS)

Ichenko I.V.¹, Ichenko L.I.²

¹Ichenko Ivan Vladislavovich – independent researcher, MOSCOW;

²Ichenko Leonid Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, independent researcher, VLADIVOSTOK

Abstract: a model of the orbital rotation of an electron is proposed that explains the mechanism of covalent bonding and its manifestation in a metal–crystal lattice. It is shown that the band theory and the electron gas hypothesis are not able to explain the covalent bond in a solid and the bond of atoms in metals. In the experiments of J. The assumption of electrons as carriers of electric current in cathode rays is insufficiently substantiated, contains contradictions and is erroneous. Analyzing the work on static electricity, photoelectric effect, thermionic emission and comparing them with the results of spectral analysis, it is concluded that it is impossible for electrons to escape from metals and the misconceptions associated with the output are erroneous. The concept of electrode potential is clarified and it is shown that in galvanic and fuel cells, redox reactions occur without moving electrons, cations and anions. The effect of “cold glow” – luminescence is proposed to correlate with the precessional rotation of electrons under the influence of external electric and magnetic fields. The idea of an electric current as a flow of an electromagnetic field in the conduction channels of the crystal lattice of a conductor formed by the precession of electron orbits is substantiated.

Keywords: thermionic emission, cathode rays, photoelectric effect, static electricity, band theory, covalent coupling, electron-positron pair, electrode potential, double boundary layer, electric current conduction channels, precession, fuel, galvanic cells.

УДК 537.812/621.352

ВВЕДЕНИЕ

Электрический ток – это «направленное движение электронов». Такое представление об электропроводности металлов при работе всей электронной аппаратуры, а также при фотоэффекте, статическом электричестве, сверхпроводимости, туннельном эффекте, в катодных лучах утверждается в нашем сознании всеми учебниками и подкрепляется многочисленными грантами и Нобелевскими премиями. В основе этой теории электропроводности металлов положены работы немецкого физика П. Друде (1900г.) дополненные Лоренцем и А. Зоммерфельдом (1928 г.). Согласно этой теории, в узлах металлической кристаллической решетки расположены положительно заряженные ядра-ионы (что бесспорно), в то время как валентные внешние электроны не принадлежат какому-то одному атому, а являются общими для всех ядер кристалла проводника, образуя *электронный газ* свободных и независимых электронов, к которому применимы законы идеальных газов (что не очевидно и не бесспорно). В отсутствие внешнего электрического поля электроны могут свободно перемещаться в кристаллической решетке металлов, несмотря на действующие между ними кулоновские силы отталкивания, совершая беспорядочное тепловое движение. Такая модель «свободных электронов» в виде *электронного газа*, как отмечается в ряде работ, имеет «ряд принципиальных трудностей: не объясняет, чем определяется число электронов проводимости, почему некоторые элементы не являются металлами, положительный знак коэффициента Холла...», и т.д. [1, 2].

Теоретически, в такой модели при действии внешнего электрического поля на хаотическое движение *электронного газа* накладывается дрейф электронов в направлении поля, что и создает электрический ток. Однако, оценка скорости v_d дрейфа для металлического проводника сечением 1 мм^2 , по которому течет ток 10 А при обычной концентрации атомов в металлах $8 \cdot 10^{28} - 10^{29} / \text{м}^3$, дает среднее значение скорости в пределах $0,6 - 6 \text{ мм/с}$. [3]. Практически подтверждено на опытах, что распространение электрического тока при замыкании цепи происходит со скоростью света $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Более того, переменный электрический ток «направленным движением заряженных частиц» совсем не объясним.

Это первое явное противоречие полученной скорости упорядоченного движения «свободных электронов», рассчитанной по теории Друде-Лоренца с практикой, казалось, должно было указать на несостоятельность теории, определить выбор в пользу наблюдаемых фактов. Однако научным миром был выбран другой способ: путем устранения противоречия утверждением, что вдоль цепи со скоростью света распространяются максимумы и минимумы *электрического поля*, а для создания их необходимо наличие «упорядоченного движения электронов», и даже «положительно заряженных частиц». Из подобного утверждения следовал бы вывод, что основой электрического тока всё-таки является не перемещение заряженных частиц, а распространение *электрического поля*, которое и следует изучать.

Следующим этапом в развитии электронной теории твердых тел стало создание *квантовой теории* энергетического спектра электронов в кристаллической решетке металлов (Ф.Блох, 1926 г., Бриллюэн, 1930 г.) [4]. Согласно этой теории, *спектр электронов состоит из чередующихся зон* разрешенных и запрещенных энергий. В различных веществах, а также в различных формах одного и того же вещества, энергетические зоны, по предположению, располагаются по-разному. По взаимному расположению этих зон вещества разделены на три большие группы (рис. 1):

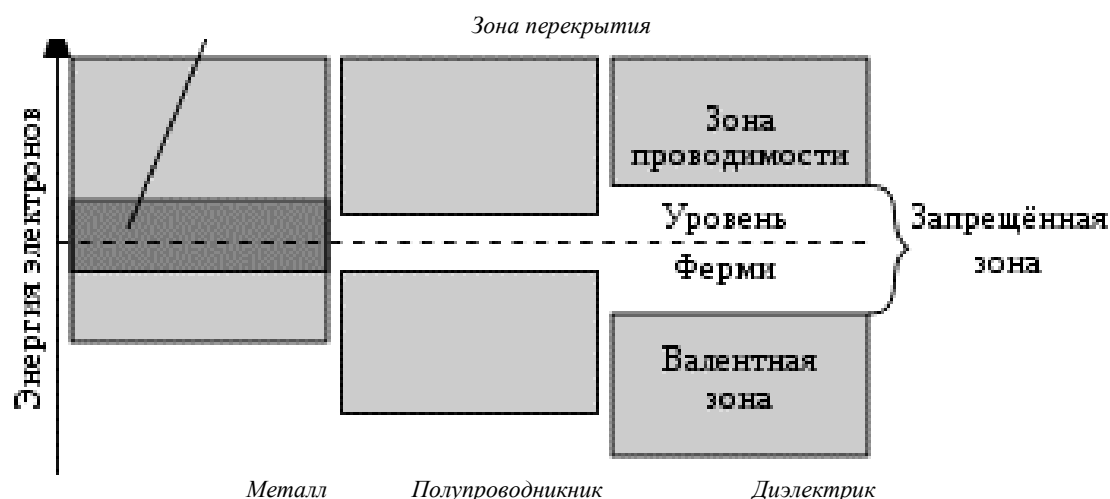


Рис. 1. Зонная диаграмма проводников, полупроводников и диэлектриков.

1) МЕТАЛЛЫ: зона проводимости и валентная перекрываются, образуя одну, называемую зоной перекрытия. Электрон может свободно перемещаться между зонами, получив любую допустимо малую энергию. При приложении к телу разности потенциалов, электроны свободно движутся из точки с меньшим потенциалом в точку с большим, образуя электрический ток.

2) ПОЛУПРОВОДНИКИ и 3) ДИЭЛЕКТРИКИ: зоны не перекрываются, и расстояние между ними (ширина запрещенной зоны) составляет примерно $2,0 \text{ эВ}$. Валентная зона полностью заполнена электронами, которые не могут изменить своё квантовомеханическое состояние, то есть не смогут упорядоченно двигаться при наложении электрического поля и перейти в зону проводимости. Таковы были гипотетические представления о твердых телах.

Математическое обоснование зонной теории основано на уравнении Шредингера, в частном решении задачи об одном электроном, движущемся в заданном внешнем поле [6]:

$$-\hbar^2 \Delta \Psi / 2m = \epsilon \Psi \quad (1).$$

Полученное решение, вполне удовлетворяющее современным представлениям (очевидно, более математиков, нежели физиков), описывает соответствующее движения электрона с помощью волновой функции Ψ :

$$\Psi = C \cdot \exp(ikr) \quad (2),$$

где $k = p/\hbar$ – волновой вектор, p импульс электрона, определяющий его энергию $\epsilon = p^2/2m = \hbar^2 k^2/2m$.

Однако, как постановка задачи (1), так и решение (2) при внимательном рассмотрении вызывает вопрос: что же принято за исходную модель атома, модель Томсона или Резерфорда-Бора?

В общепризнанной модели атома Бора электрон совершает непрерывное *вращательное движение* вокруг ядра с кинетической энергией $I\omega^2/2$. В то же время в решении (2) кинетическая энергия определяется прямолинейным движением электрона $mv^2/2 = p^2/2m$, что соответствует первоначальной ошибочной версии модели атома Томсона. При постановке задачи (1) и ее решении (2) не предусматривается и исключается реально существующее вращательное движение, устанавливая предполагаемое прямолинейное движение волновой Ψ -функции электронов в "потенциальной яме". Возможно, именно эти представления служат основой для искаженной теории электрического тока. Движение частиц микромира по модели М. Бора описывается законами неинерциальной системы отсчета (НИСО), отличающимися от законов классической механики Ньютона, что, к сожалению, не учитывается, в том числе и в квантово-механической теории.

Поэтому, несмотря на изящество математических построений и квантово-механическое обоснование, зонная теория является схоластической, оторванной от действительности. Энергия Ферми, как и распределение электронов по стационарным состояниям в соответствии со статистикой Ферми-Дирака определяется только для *невозмущающихся фермионов*. При этом представление о невозмущающихся фермионах как электронном газе, противоречит действительности и совершенно не обосновано.

Считается, что убедительное экспериментальное доказательство появления электрического тока за счет «свободных электронов» в металлах получено в опытах Б. Стюарта и Р. Толмена (1916г.) [5]. В действительности трактовка этих экспериментальных «доказательств» ошибочна и наивна. Как известно, суть опытов заключалась в том, что после резкого торможения вращающейся катушки с проводом, концы которого были подключены к гальванометру, гальванометр регистрировал импульс тока. Считается, что свободные электроны в металле, подчиняясь законам механики Ньютона, после торможения продолжали двигаться по инерции, что и фиксировалось как электрический ток [6]. Однако наличие «свободных» электронов в металлах, как показано выше, не однозначно. К тому же, силы инерции (для электронов) равнозначные «силам гравитационного притяжения составляют всего $1/4.17 \cdot 10^{42}$ часть от сил электрического взаимодействия» (Фейнман и др., 1977) [7, с. 138].

Всего лишь в 10^{42} раз силы электрические сильнее сил инерции! — впечатляющий аргумент Р. Неймана, который не оставляет надежд на возможность найти электроны свободными, легко подверженным силам инерции и тяготения. Изначально в опытах Толмена - Стюарта вопрос о том, какова природа электрического тока вовсе и не стоял, других вариантов помимо электронов и не предусматривалось, что убедительно следует из следующего замечания: «Исходя из представлений об электронах проводимости как о газе свободных частиц, Толмен вычислил количество электричества, прошедшее по цепи. Ясно, что если бы электроны были жестко связаны с ионами, т. е. двигались бы с той же скоростью, что и ионы, ток в цепи и не возник бы» [8].

В настоящей нашей статье, анализируя известные работы с катодными лучами в электронно-лучевой трубке, работы по фотоэффекту, термоэлектронной эмиссии, статическому электричеству, топливным и гальваническим элементам и, основываясь на наиболее достоверных и непротиворечивых фактах, а также на предыдущих наших исследованиях, дается новое представление о природе электрического тока, отличное от устоявшегося. Для обоснования сделанных нетрадиционных выводов в работу дополнительно включены такие ранее рассмотренные нами вопросы, как природа «заряда электрона» и природа химической (ковалентной) связи.

1. Природа ковалентной связи и многоликий электрон.

Представления об электрическом токе как направленном движении электронов в металлической решетке неразрывно связано с теорией твердого тела. Основной нерешенный вопрос здесь остается в том, чем и какими силами удерживаются ядра атомов? Чем? понятно, электронами, но в таком случае как «отрицательно заряженные» микрочастицы, отталкивающие друг друга, производят сцепление, удерживание, «цементирование атомов»? Какова природа металлической связи, связи между атомами металла, ядра которых располагаются в узлах кристалла, образуя металлическую кристаллическую решетку?

В основе металлической связи лежит «обобществление внешних валентных электронов, «цементирующих» атомы». В этом металлическая связь аналогична химической — гомеополлярной или «ковалентной», (термин, который впервые введен Лэнгмюром в 1919 году). Как образуется ковалентная связь парой электронов объясняется обычно для упрощения на примере связи молекулы водорода: «При сближении двух атомов водорода происходит **перекрывание** их электронных орбиталей, причем электроны на этих орбиталях объединяются в пару, которая принадлежит обоим атомам. В результате обобществления электронов образуется заполненный энергетический уровень. Связь может образоваться в том случае, если их суммарная энергия на новом уровне будет меньше, чем в первоначальном состоянии. Плотность отрицательно заряженного объединенного облака при этом становится повышенной, **повышенная плотность электронного заряда в межъядерном пространстве** и приводит к возникновению сил притяжения, обусловленных главным образом **резонансом** двух электронов между двумя ядрами» [9, стр. 30, 33] (Л. Паулинг, 1947). Кроме резонанса, дополнительно энергию связи автор объясняет «сложным взаимодействием, которое мы охватываем термином деформация».

Приведенные объяснения не вносят ясности и не дают ответа на многие вопросы:

- 1) почему же два электронных облака, оба несущие отрицательные заряды, не отталкиваются, а перекрываются и уплотняются?
- 2) какие силы «цементируют» атомы?
- 3) какова физическая модель процесса резонанса и деформации?
- 4) как и почему образуется «повышенная плотность электрического заряда»? и т.д.

Однако, в данном случае, как, к сожалению, общепринято, исследовался процесс, абстрагируясь от его физической сущности, отказавшись от наглядных моделей. И тогда современные физики, по словам Л.Д., обычно не без помощи квантовой механики, «способны понять то, чего они не могут себе представить». Именно так, с позиции квантовой механики Ф. Лондон и В. Гейтлер дали первое описание ковалентной связи для молекулы водорода (1927 г.) [10, 11]. Тем не менее, позже в некоторых работах была предложена модель электрона, с помощью которой возможно объяснить природу ковалентной связи с другой, феноменологической стороны [12, 13].

Предлагаемая нами модель несколько отличается от существовавших ранее тем, что в ней, при рассмотрении физической сущности «заряда электрона», учитываются требования «стабильности» частицы за счет применения «пары вращений» [14, 15]. Нами будет показано далее в этой работе, что отрицательный заряд электрона «минус» или «плюс» не имеют физического смысла, а есть следствие наблюдаемых сил притяжения и отталкивания.

Такая физическая модель электрона, отвечающая всем наблюдаемым его свойствам, включает в себя **две пары вращений**: одна, определяющая спин электрона с вращательными движениями ($\omega_1 = -\omega_2$) вокруг осей $Z_1 - Z_2$ произвольного направления, вторая пара, — вокруг координатных осей $Z_3 - Z_4$ с парой вращений ($\omega_3 = -\omega_4$) фиксируемого направления, определяющая «заряд» частицы. Подчеркнем, что именно **парное вращение** по законам теоретической механики обеспечивает стабильность вращающегося тела или вихря среды.

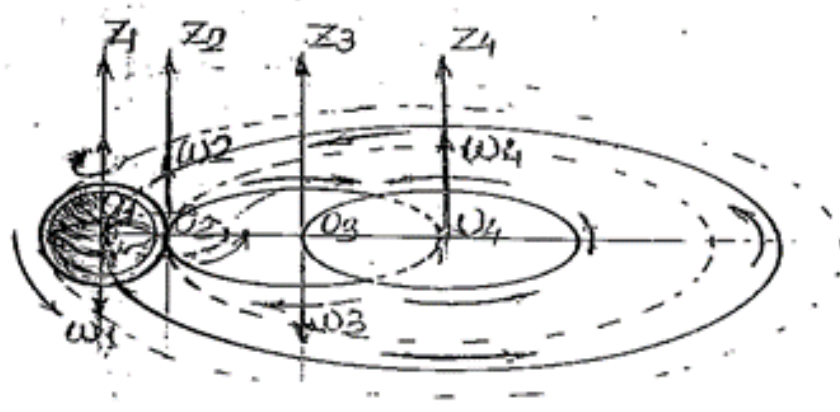


Рис.2. Модель электрона.

Следующее *орбитальное* пятое вращательное движение ω_5 совершает электрон в составе ядра, компенсируя силу притяжения, но сохраняя при этом спиновое и «зарядовое» вращения перпендикулярно плоскости орбиты. Вследствие такого характера движения отмечается размытая траектория тороидального вида. Скорость и радиус последнего *орбитального* вращательного движения электрона, в отличие от предыдущих четырех, может изменяться порциями, квантами при всех внешних силовых воздействиях, в том числе при изменении температуры, что отметил Н. Бор.

Важным моментом в этой модели является то, что при сближении атомов угловые орбитальные скорости вихрей ω_5 оказываются **сонаправлены, в то время как** направления «зарядовых» угловых скоростей вращений ω_4 электронов близких орбит **противоположны!**

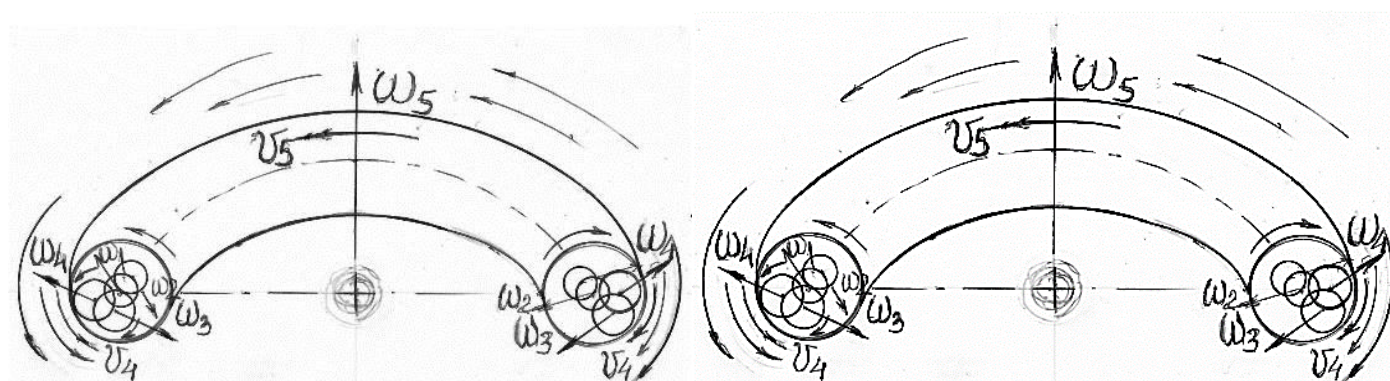


Рис.3. Ковалентная (электронная) связь двух атомов водорода.

Благодаря этому линейные скорости орбитального вращения, обуславливающие магнитные силы, направлены противоположно и вызывают отталкивание двух ядер, в то время как электрические силы, обусловленные скоростью v_4 (при этом $v_4 \gg v_5$), вызывают их притяжение (рис. 3). Так обеспечивается связь двух орбит по электрон-позитронному принципу, названную ковалентной. Более подробно механизм притяжения-отталкивания «заряженных частиц» рассматривался нами в работах [14, 15] и др.

Дополнительно отметим, что, как следует из приведенной модели (рис.3), связь между атомами носит не постоянный характер, а временной, импульсно-динамический, обусловленный скоростью вращения электронов на орбитах и размерами самих орбит. Для атомов одних и тех же элементов (газов H_2 , Cl_2 , O_2 , N_2 ...) – химическая связь равнозначна для любого из двух атомов, чисто ковалентная. В то же время в соединениях с разными атомами, такими как HCl , $NaCl$, KOH и т. д., у которых размеры орбит электронов разные, относительное время «удержания» одного атома электронами другого относительно периодов их обращения различно. Это создает видимость поляризации или «ионизации» связи, при этом, тем не менее, электроны остаются на своих местах, никогда не теряются одними или приобретаются другими атомами. По нашему мнению, именно этим можно обосновать выводы автора о «частично-ионном, лишь на 17% ионном характере связи в HCl » [11, стр. 245].

Наставник Р. Фейнмана Джон Уилер считал, что позитроны - это те же электроны, «путешествующие во времени». Такую модель одноэлектронной Вселенной Джон Уилер обрисовал Ричарду Фейману, изложившему эти идеи в работе [16]. По нашей модели электрону нет необходимости путешествовать во времени для превращения в позитрон, достаточно «изменить пространство» и рассмотреть его с противоположного полюса (рис.2.), либо рассмотреть электрон в диаметрально противоположных точках орбиты (рис. 3).

Принцип Паули запрещает одновременное сосуществование в атоме двух электронов, находящихся в одном и том же квантовом состоянии (то есть имеющих одинаковый набор всех четырех квантовых чисел). Вопрос *почему* действует запрет Паули и *почему* ковалентная связь возможна только при *антипараллельных спинах* валентных электронов – современная наука не рассматривает, имея на него ответ: таков закон Природы. А ответ очевиден – при параллельных спинах двух электронов будет наблюдаться полная аннигиляция электрон - «позитронных» пар, подтверждая их реальность в соблюдении принципа Паули.

2. Что же открыл Дж. Томсон в катодных лучах? Зонная теория и физика твердого тела.

В металлическом кристалле связь между атомами подобна тому, как эта ковалентная связь объединяет атомы во всех других кристаллах твердых тел (алмаз, графит, корунд, кварцит...). Однако для металлов при этом было сделано предположение о специфичности металлической связи. Предложенная гипотеза заключалась в том, что «цементирующие» электроны не локализируются вблизи своих атомов, а обобществляются и свободно перемещаются внутри всей решетки, образуя «электронный газ». Структура твердого тела при этом тем не менее сохраняется. Какие экспериментальные факты могли послужить основанием или подтвердить такое предположение? Среди сил ковалентной связи их не находится. Это предположение было сделано вынужденно с единственной целью – обосновать природу электрического тока в металлах направленным движением заряженных частиц – электронов.

Практически в то же время (1897 г.) «открытие» *электронной природы катодных лучей* утвердило Дж. Томсона соавтором теории «*электрического тока как направленного движения электрических зарядов – электронов*». К тому времени дискуссия о природе катодных лучей в электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) приняла острый характер между видными учеными немецкой и английской научных школ. Физики Гольдштейн, Герц, Видеманн предполагали, что катодные лучи – это электромагнитные волны, в то время как английские физики придерживались другой точки зрения. Так, Крукс и Артур Шустер рассматривали катодные лучи как поток молекул газа, заполняющего трубку и получивших отрицательный заряд при столкновении с катодом трубки.

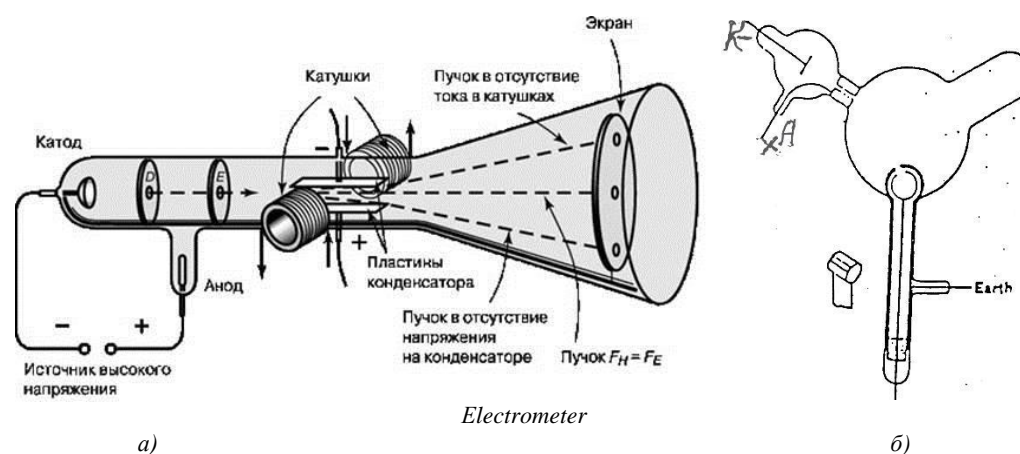


Рис.4. Электронно-лучевые трубки (ЭЛТ) Дж. Томсона.

Окончательно спор был решен признанием «открытия» электрона Дж. Томсоном. В разрядной трубке, заполненной газом при сильном разрежении, вставлены два электрода, анод А с отверстием и горячий катод К. Эта часть трубки, называемая *электронной пушкой*, создавала тонкий пучок с достаточно большой кинетической энергией «корпускул». Дж. Томсон исследовал катодные лучи как в магнитном, так и в электрическом поле по флуоресценции экрана (рис. 4а). Он обнаружил, что независимо от материала анода и газа в сосуде отклонение лучей было одинаковым. Дополнительно Томсон специально сконструировал в трубке Крукса вдали от прямого пути катодных лучей электроскоп (рис. 4б), как надежный прибор для определения заряда частиц. Было отмечено, что электроскоп регистрировал заряд только тогда, когда на него направлялся катодный луч с помощью магнита.

Принято, что Томсон с помощью своих трубок измерил удельный заряд e/m отдельных частиц катодных лучей. Для этого наблюдалось, как нагревается от их ударов экран, которому передавалась вся кинетическая энергия корпускул в виде тепла. В результате опытов получено, что значения e/m несколько *различались для разных газов, наполняющих трубку*. [17]. Из этих результатов нельзя было сделать вывод о заряде или массе «частиц», но тем не менее эти «корпускулы» современники Томсона уже через два-три года стали *называть электронами*.

Пятнадцать лет спустя Р.Э. Милликемом были проведены более точные классические опыты по измерению заряда электрона на наэлектризованных трении о воздух микрокаплях масла, а также на ионах воздуха, ионизированных ультрафиолетовым излучением. Действительно, природа «заряда» корпускул в катодных лучах Томсона и каплей масла при электростатическом трении о воздух или при УФ-облучении, – одна и та же. Однако, как будет рассмотрено в следующей части, при электризации или УФ-облучении воздуха «заряд» обусловлен далеко не приобретением-потерей электронов. Сделаем и некоторые другие замечания по опытам Дж. Томсона.

Во-первых, возникает вопрос, *как* отрицательно заряженный электрон может пройти через отверстие мимо положительно заряженного до киловольт анода? Почему на аноде не замыкается электрическая цепь и электрическое поле положительно заряженного анода по всем правилам электротехники не удерживает отрицательно заряженные частицы?

Во-вторых, Дж. Томсоном при расчете удельного заряда e/m определял скорость v электрона из равенства кинетической энергии $mv^2/2$ его электрической энергии eU . Но дальнейшие опыты показали, что здесь равенство не соблюдается, и на этом неравенстве построена вся теория относительности А. Эйнштейна. Достаточно сравнить экспериментально полученную кривую-1: $(vc)^2=f(U, мэВ)$ и теоретическую-2, представленных на рис.5 [14,18]. Из рисунка видно, что экспериментальная кривая 1 отражает другую закономерность, явно не закономерность классической механики $E=mv^2/2$ (кривая (2) - кривая 2 ($mv^2/2 \neq eU$) не совпадает с экспериментальной кривой- 1).

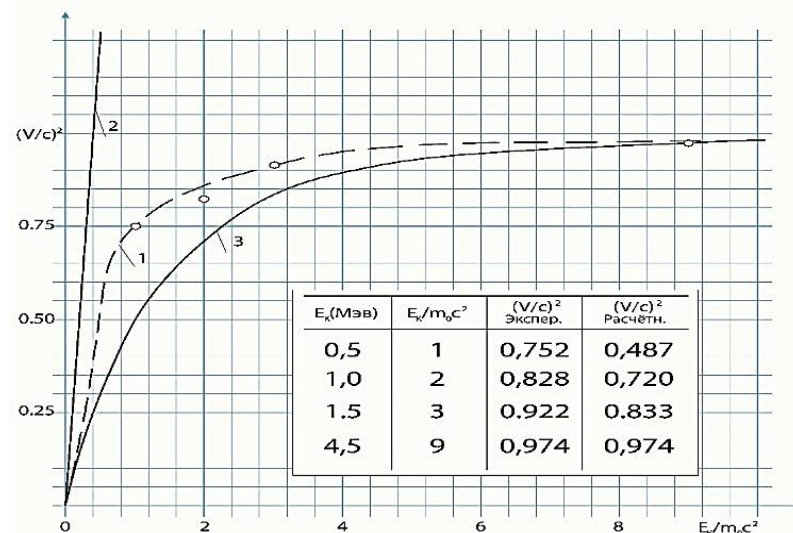


Рис.5. Зависимость относительной скорости $(v/c)^2$ от напряженности U электрического поля линейного ускорителя (относительной кинетической энергии микрочастицы E_k , МэВ): 1) экспериментальные данные работы В. Бертоцци [18], 2) вычисленные по формуле классической механики. 3) теоретически вычисленные по уравнению СТО [14].

В-третьих, полученные различные значения e/m для разных газов, наполняющих трубку, – это свидетельство явно не в пользу электронной природы катодных лучей.

В-четвертых, по показаниям электроскопа никак невозможно определить природу катодных лучей, так как, как показано далее в ч.3, электроскоп реагирует и на электрические, и не магнитные поля.

Кроме отмеченных замечаний к работе Дж. Томсона, рассмотрим подробнее другие вопросы, имеющие принципиальный характер и затрагивающие эту же проблему.

3. Статическое электричество

При соприкосновении и трении двух тел друг о друга, при разрыве контакта между ними или при деформации материалов возникает статическое электричество. По современным представлениям статическое электричество связано с появлением, сохранением и перераспределением свободных электрических зарядов между тел [19]. При таких процессах возникновения и накопления электрических зарядов в материале, называемых электризацией, возникает дисбаланс зарядов и разность электрических потенциалов на различных поверхностях, что создает возможность протекания электрического тока.

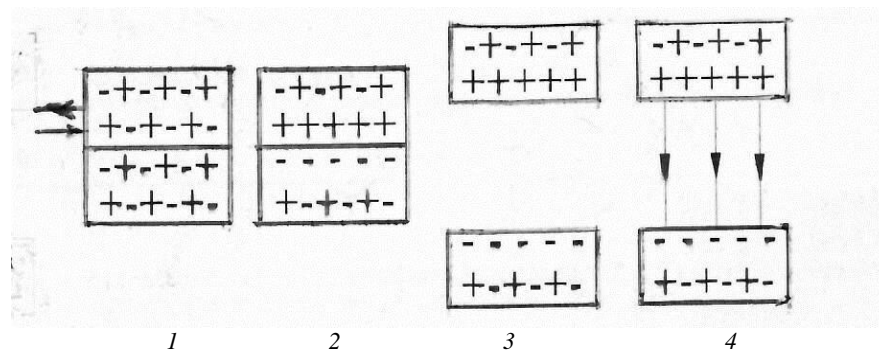


Рис.6. Образование статического электричества: 1–2 при трении двух тел, 3–последующем разрыве контактов, 4–электризация в нижнем теле, обусловленная статической индукцией (на расстоянии) [19].

Подтверждением появления на трущихся поверхностях электронов при электризации служат показания электроскопа. Как отмечалось, подобными опытами с катодными лучами Томсона и несколько более ранними Ж. Перрена (1895) по отклонению стрелок в электроскопе «доказывалась» материальная электронная природа катодных лучей [19,20]. Однако, катодные лучи несут и магнитную составляющую, на которую электроскоп реагирует с равной силой, что и на электрическую. Кроме того, вызывает большое сомнение удивительная легкость электронов покидать свои ядра диэлектрического материала и переходить в другой диэлектрик. Согласно зонной теории такие переходы допустимы для металлов (рис. 1), но для диэлектриков наличие «запрещенной» зоны делает, казалось бы, удивительную подвижность электронов невозможной. К тому же, как уже отмечалось, электростатические силы для электронов в миллионы раз превосходят гравитационные (силы трения не больше гравитационных) и никак не способствуют свободному перемещению электронов.

Еще одним опровержением существующей электронной природы электризации служат опыты с магнитной стрелкой. Магнитная стрелка компаса, не реагируя, как признано, на неподвижные заряды, при сближении с наэлектризованными материалами вдруг начинает отклоняться, свидетельствуя не столько об электронной, сколько о магнитной природе статического электричества.

4. Фотоэффект и термоэмиссия

При внешнем фотоэффекте под действием электромагнитных излучений (фотонов) из вещества *вылетают*, как предполагается, электроны и образуют во внешнем электрическом поле электрический ток, называемый *фототоком*. В соответствии с законом сохранения энергии из предложенного Эйнштейном объяснения 3-го закона фотоэффекта Столетова следует, что для каждого вещества существует граничная частота света, ниже которой фотоэффект не наблюдается:

$$h\nu = E_{\text{вых}} + mv^2/2 \quad (3)$$

где $E_{\text{вых}}=h(c/\lambda)$ — так называемая энергия выхода, минимальная энергия, необходимая для удаления электрона из вещества), $mv^2/2$ — максимальная кинетическая энергия вылетающего электрона; ν — частота падающего фотона с энергией $h\nu$; h — постоянная Планка.

Общепризнано, что энергия, необходимая для выхода и удаления электрона из вещества $E_{\text{вых}}$, определяется длиной волны $\lambda_{\text{кр}}$ — **красной границы** фотоэффекта, ниже которой энергии фотона уже недостаточно для того, чтобы «выбить» электрон из металла. Эта частота или длина волны специфичны для каждого металла и легко определяются экспериментально, когда фотокатодом устанавливается исследуемый металл. Зная красную границу фотоэффекта, находят энергию выхода $E_{\text{вых}}=h(c/\lambda)$. К примеру, для цинка, обычно используемого в опытах с фотоэффектом, фотонам с длиной волны красной границы фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}=290$ нм соответствует энергия выхода $E_{\text{вых}}=4,20$ эВ.

Приведем значения длин волн $\lambda_{\text{кр}}$ для некоторых металлов – второй столбец, и соответствующие энергии выхода $E_{\text{вых}}$, эВ – третий столбец (Табл.1).

Таблица 1. Работа выхода и энергия ионизации.

Металл	$\lambda_{\text{кр}}$ в нм	$E_{\text{вых}}$ эВ	$A_{\text{вых}}$ эВ	$E_{\text{ион}}$ эВ
1	2	3	4	5
Серебро	260	4,75	4,52	7,5762
Вольфрам	276	4,50	4,32	7,8640
Цинк	290	4,20	3,63	9,3942
Натрий	550	2,25	2,36	5,1390
Цезий	620	2,0	2,14	3,8939

Дополнительно в четвертом столбце таблицы приведены значения работы выхода при термоэлектронной эмиссии $A_{\text{вых}}$ (эффект Эдисона) в опытах с электронно-лучевой трубкой. Как видно из таблицы, значения работы выхода $A_{\text{вых}}$ практически совпадают с энергией выхода $E_{\text{вых}}$ при фотоэффекте. В том и другом случае работу выхода при термоэмиссии и энергию выхода при фотоэффекте находят из экспериментальной вольтамперной характеристики по плотности тока насыщения $I_{\text{н}}$, описываемому для термоэмиссии уравнением Ричардсона-Дэшмена [21]:

$$I_{\text{н}}=CT^2 \exp(-e\phi/kT) \quad (4),$$

где $e\phi=A_{\text{вых}}$ – работа выхода, T – температура по Кельвину.

Практическое равенство значений работы выхода при термоэмиссии $A_{\text{вых}}$ и энергии красной границы фотоэффекта $E_{\text{вых}}$ отмечается для всех металлов и, несомненно, характеризует общность, идентичность механизма «выхода», однозначно определяя по современным представлениям выход электронов. Но так ли это?

5. Энергия ионизации и спектральный анализ

Другой энергетической характеристикой металлов аналогичной работе выхода $A_{\text{вых}}$ как энергии, необходимой для полного отрыва и удаления электрона от атома признан потенциал ионизации $E_{\text{ион}}$.

Явный парадокс здесь заключается в том, что энергия ионизации, определяемая для любого атома в паровой фазе, примерно в два раза больше, чем работа выхода электрона для металлов при фотоэффекте или термоэмиссии в твердом кристаллическом состоянии (для цинка $E_{\text{ион}}=9,4$ эВ, – в то время как $A_{\text{вых}}=4,2$ эВ) Казалось бы, в паровой фазе подведенное тепло двух фазовых переходов (плавления и кипения, $Q_{\text{пл}}=7,28$ кДж/моль + $Q_{\text{кип}}=114,8$ кДж/моль) должно уменьшить энергию связи электрона с ядром, но наблюдается обратное.

Официальная наука парадокса здесь не находит, объясняя так: «При объединении атомов в кристалл помимо кулоновских сил начинают действовать так называемые объемные силы(?), возникающие из-за выигрыша системы в кинетической энергии вследствие делокализации (коллективизации) электронов... Несколькими упрощая, можно сказать, что при объединении атомов в кристалл (т.е. при конденсации из паровой фазы и кристаллизации (из расплава металла) внешний электрон переходит с уровня I (находясь в паровой фазе) на уровень Ферми ϕ (в твердо кристаллическом состоянии) [22]. Необходимая для этого энергия перехода Σ есть:

$$\Sigma=(I-\phi) \quad (5).$$

Из предлагаемого уравнения (5) следует, что состояние атомов в паровой фазе характеризуется наибольшей энергией I , в то время как энергии электронов в кристаллической решетке приписывается более низкий уровень энергии Ферми ϕ . Это явно противоречит второму началу термодинамики и здравому смыслу: для ионизации и удаления электронов из кристаллической решетки в действительности требуется затратить энергии больше, чем при атомарном состоянии на величину энергии двух фазовых переходов: плавления и кипения. Действие «объемных сил» вследствие «коллективизации электронов» должно бы проявляться не только в энергии ионизации, но и, например, в энергии фазовых переходов.

Для выяснения парадокса обратимся к методике проведения экспериментов. Все опыты по определению «потенциала ионизации» проводятся в ЭЛТ при наличии отрицательного электрического потенциала на катоде и за «потенциал ионизации» принимается появление проводимости электрического тока между катодом и анодом, что трактуется как «выход электронов». Но проводимость электрического тока – это перенос электрической энергии, что можно пока бесспорно утверждать, в то время как объяснение проводимости электрического тока направленным движением электронов – это то, что требует доказательств, и встречает ряд противоречий.

Частичный ответ на явное противоречие найдем при анализе спектров рассматриваемых металлов. Спектральный анализ атомов производится в паровой фазе, т.е. после плавления и кипения металлов. С другой стороны, линейчатый спектр излучения (поглощения) – это результат перехода электронов в атомарном состоянии при высоких температурах из возбужденного состояния на орбитали разрешенного энергетического уровня. Причем, это происходит с валентными электронами при очень высоких температурах. Например, для цинка это температура более 1180К, а для вольфрама – более 5828 К !! И несмотря на такие высокие температуры, никакой термоэмиссии электронов не наблюдается, они всего лишь переходят со стационарных орбиталей на возбужденные.

Из этого следует один неопровержимый вывод: **никакой эмиссии электронов не существует, ни при фотоэффекте, ни термоэмиссии, ни при определении потенциала ионизации.** Это следует отнести и к понятию «средство к электрону», численно принимаемое и противоположное по знаку энергии ионизации соответствующего изолированного однозарядного аниона.

Более того, как известно, атомные спектры состоят из отдельных линий, характеризующих переход электронов из возбужденного состояния на стационарные орбитали, причем, абсолютно индивидуально для каждого металла. В то же время *молекулярные спектры*, в которых те же электроны тех же атомов, но вступив в химическую связь, «обобществившись» с другими атомами, сильно *отличаются от атомных спектров* и состоят из полос (полосатые спектры), резких с одного края и размытых с другого [23]. Такие полосатые спектры, характеризующие уменьшение энергетической связи электронов с атомом, могли бы подтвердить наличие «электронного газа» в зонной теории и «двойной электрической слой» – но они неизвестны.

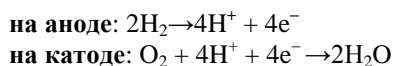
6. Гальванические и топливные элементы

С гальваническим элементом, давно всем знакомым, казалось, все просто: в этом устройстве энергия окислительно-восстановительной химической реакции (ОВР) превращается в электрическую, т.к. любая ОВР представляет собой совокупность двух процессов: переход электронов от атомов одного элемента к атомам другого элемента. Как общепринято, процесс окисления обусловлен отдачей электронов, восстановление – их присоединением.

Подобным же механизмом описывается работа топливных элементов, преобразующих химическую энергию топлива в электрическую прямым методом, благодаря чему, по предположению, они в ближайшие годы могут стать одним из самых успешных альтернативных источников энергии. Простейший топливный элемент вырабатывает электричество посредством химической реакции между водородом и кислородом. Два электрода, анод и катод, обычно из угольных пластин с нанесенным катализатором – платиной или сплавом платиноидов разделены мембраной, которая обеспечивает проводимость только протонов, но не проводит электроны (рис.7). Мембрана может быть полимерной (*Nafion*), керамической или, как предложено проф. Пол Кенис (Paul Kenis) – топливный элемент без мембраны (щелочной) [24].

На катализаторе *анода* мембранного ТЭ молекулярный водород *ионизируется на протоны и электроны*.

При работе мембранного ТЭ (ТПТЭ):



При работе безмембранного (щелочного) ТЭ:

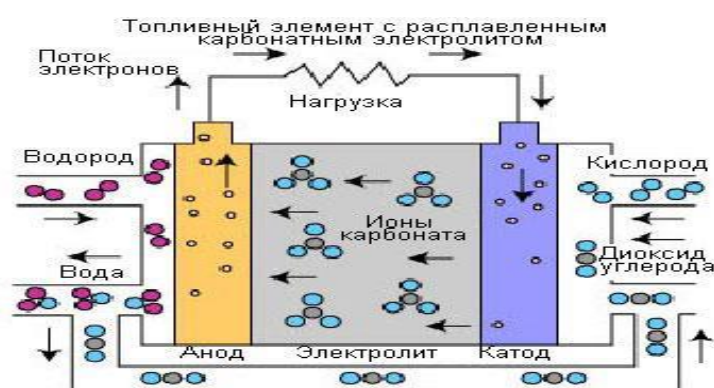
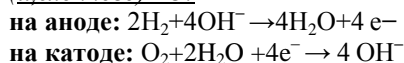


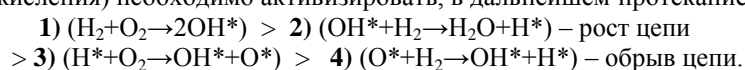
Рис.7. Топливный элемент.

Далее ионы водорода (протоны) поступают через мембрану к катоду, в то время как электроны не пропускаются электролитом и проходят по внешней электрической цепи, создавая постоянный ток. На катализаторе *катода* молекула кислорода *соединяется с электронами* (которые подводятся из внешних коммуникаций) и протонами, прошедшими через мембрану к катоду, образуя воду, – единственный продукт реакции. В случае *безмембранного щелочного ТЭ П. Кенис* [24] образующиеся на аноде электроны так же, как и в случае с мембранным ТЭ *могут пройти на катод только через внешнюю цепь*.

Первое, что здесь вызывает вопрос, это свойства мембраны пропускать через свои поры протоны размером примерно $8.4 \cdot 10^{-16}\text{м}$ (комптоновский размер $9 \cdot 10^{-15}\text{м}$), и задерживать электроны с размером на порядок меньше протонов – $9 \cdot 10^{-17}\text{м}$ (комптоновский размер $2.4 \cdot 10^{-12}\text{м}$).

Для безмембранного ТЭ вопрос остается таким же: почему электроны вынуждены проходить путь от анода к катоду только по внешней цепи? Вызывает сомнение возможность протонов со скоростью света, как и электрический ток по проводам, распространяться в электролитах.

В то же время в соответствии с теорией кинетики горения газов в пламени газовой смеси реакции окисления водорода протекают в реакционной смеси по *цепному механизму*, предложенному акад. Н.Н. Семеновым (Нобелевская премия 1956 г.) [25, стр. 300]. В ходе взаимодействия двух газов сначала происходит образование промежуточных веществ в виде *свободных радикалов атомов* водорода и кислорода, а также *свободных гидроксильных радикалов* OH^* . Для начала процесс горения (окисления) необходимо активизировать, в дальнейшем протекание химической реакции возможно по одной из нескольких схем. Наиболее вероятно по следующей:



1) в результате энергии активации и столкновения молекул водорода и кислорода в начальный момент реакции происходит образование двух гидроксильных радикалов OH^* ;

2) далее радикал OH^* реагирует с молекулой водорода, в результате образуются молекулы воды и свободный атом водорода H^* ;

3) свободный же атом водорода H^* (радикал с неспаренным электроном), в свою очередь, вступает в реакцию с молекулой кислорода. В результате образуется гидроксильный радикал OH^* и свободный атом кислорода – радикал O^* .

4) Радикал O^* может опять вступить в химическую реакцию с водородом и опять, в результате реакции, образовать воду и свободный водород, а атом кислорода, в свою очередь, может вступить в реакцию с молекулой водорода, что приведёт к образованию еще одного радикала OH^* и атома водород H^* и т.д. По свободнорадикальному механизму (Н.Н.Семенова) протекает не только цепная реакция окисления водорода в ТЭ, но и обратная реакция – электролиза воды, как подтверждающая механизм реакции без свободных электронов.

Механизм цепной *реакции окисления* с участием свободных радикалов H^* и OH^* , представляющих собой нейтральные атомы с неспаренными электронами, существенно отличается от принятого механизма активации водорода на аноде с получением *четырёх электронов* в ТЭ (рис.7, описание выше). Понятно, что это сделано вынуждено, для традиционного объяснения электрического тока во внешней сети «*направленным движением электронов*», которые надо откуда-то взять. В то же время, тем не менее механизм реакции окисления водорода по цепному механизму при всей реалистичности не дает ответа на вопрос, откуда же происходят представления о свободных электронах в растворах и электрическом токе?

7. История возникновения проблемы со «свободными электронами».

Работа топливных и гальванических элементов без свободных электронов.

Теория электролитической диссоциации (ТЭД), предложенная в 1887 году шведским учёным С. Аррениусом, послужила одной из основ для признания в дальнейшем *теории ионной связи Косселя*. ТЭД, как единственная в настоящее время во всех учебниках утверждает, что при растворении солей в воде, связанных до этого *ионной связью*, появляются противоположно заряженные ионы *за счет свободно переходящих электронов* [26]. Именно свободные катионы и анионы в растворах, названных электролитами по ТЭД, служат проводниками электрического тока (объяснения, которые мы видим, используют при работе ТЭ).

Впоследствии электронно-ионная теория окислительно-восстановительных реакций (ОВР), предложенная Л.В. Писаржевским в 1914 г., установила *степень окисления* (окислительное число, о.ч.) *числом электронов*, переданных от атома данного элемента к другим атомам или от других атомов к атомам данного элемента. *Окисление* — процесс отщепления электронов от атомов или ионов элемента, который окисляется; *восстановлением* был назван процесс присоединения электронов к атомам или ионам элемента, каковой восстанавливается.

Вслед за этим в 1916 г. немецкий физик *Вальтер Коссель* выдвинул теорию *ионной связи*, в основу которой были положены представления об особой стабильности двух- или восьми электронных оболочках инертных газов. «При *стремлении атомов достроить такие оболочки за счет отдачи* одним атомом одного или нескольких *электронов другому* образуются противоположно заряженные ионы, силы электростатического притяжения которых определяют *ионную химическую связь*» и валентность. Все эти предположения превратились в законы, действующие и в настоящее время, но какова физическая природа сил «*стремления атомов достроить оболочки, как у инертных газов*», никто не рассматривал (наши представления об ионной связи рассматривались ранее, ч.1).

Позднее, особенности поведения веществ в растворах описал Д.И. Менделеев, экспериментально доказав, что при растворении электролитов происходит химическое взаимодействие между молекулами растворенного вещества и молекулами растворителя, а причиной диссоциации электролита является его гидратация, то есть взаимодействие электролита с молекулами воды и разрыв химической связи в нём с образования *свободных радикалов*.

Принятый механизм химической реакции окисления водорода в ТЭ с участием свободных электронов соответствует утвержденным в электрохимии *искаженным* представлениям об *электродном потенциале* в окислительно-восстановительных реакциях (ОВР). *Причиной возникновения электродного потенциала считается переход в раствор некоторого количества металла в виде положительно заряженных ионов* (для активного металла) и *дальнейшее взаимодействие металла с диполями воды*, в то время как электроны остаются в металле: $\text{Me} - n\text{e}^- + m\text{H}_2\text{O}[\text{Me}(\text{H}_2\text{O})_m]^{n+}$. (Т.е. в «зонную теорию» к «электронному газу» следует добавить «ионный» газ катионов активных металлов)? И далее: в электролите гидратированные катионы перешедших в раствор металла практически все остаются вблизи пластины, образуя положительно заряженный слой, а металл, за счёт остающихся в нём электронов, – отрицательно. Это приводит к образованию на границе металл–раствор *двойного электрического слоя* (ДЭС) и возникновению определенной разности потенциалов E^0 или скачку потенциала [27]. Для неактивного металла вначале преобладает переход *катионов* металла *раствора* электролита на пластину, в результате чего на ней возникает положительный заряд. В растворе под действием сил электростатического взаимодействия к поверхности металла притягиваются анионы, образуя отрицательно заряженный слой и так же ДЭС.

И, естественно, как следствие, при *окислительно-восстановительных реакциях происходит передача электронов от одних частиц (атомов, молекул, ионов) к другим, в результате чего степень окисления атомов, входящих в состав этих частиц, изменяется* [26, 27]. Попытаемся рассмотреть эти процессы подробнее, приведя значения некоторых окислительно-восстановительных потенциалов E^0 (относительно стандартного водородного электрода).

Окислительно-восстановительные потенциалы

Полуреакции	$E^0, \text{В}$
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$	+ 0.401
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1.23
$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{H}_2\text{O}$	+ 0.71
$\text{OH}^- + \text{e}^- = \text{OH}^-$	+ 2.00
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$	+ 1.77
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$	+ 0.682
$\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{H} + \text{OH}^-$	- 2.93
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	- 0.828
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$	- 0,763
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$	+0.337

Два последних металла используют в гальваническом элементе Даниэля–Якоби (рис.8), работа которого основана на таком же принципе ОВР, что и ТЭ (рис.7). Рассмотрим это подробнее (рис. 8).

По сложившимся представлениям (начала 20 века) так как стандартный электродный потенциал цинка $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0.76\text{В}$ ниже, чем у меди $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0.34\text{В}$, то атомы цинка в растворе соли ZnSO_4 будут окисляться, отдавая электроны. Цинковому электроду 4 (рис.8) присписывается в качестве анода условный заряд «минус», а медному катоду 2, – «плюс». Электроны, освободившиеся в результате окисления на цинковом аноде (для ТЭ это происходит на аноде с водородом) по внешней цепи переходят на медь – возникает электрический ток. На медном электроде 2 (катоде) происходит процесс восстановления катионов электролита ($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Cu}$). Через пористую перегородку (3) (или через мембрану ТЭ) происходит движение ионов в растворе: анионов SO_4^{2-} – к аноду, катионов Zn^{2+} – к катоду, замыкающие электрическую цепь.

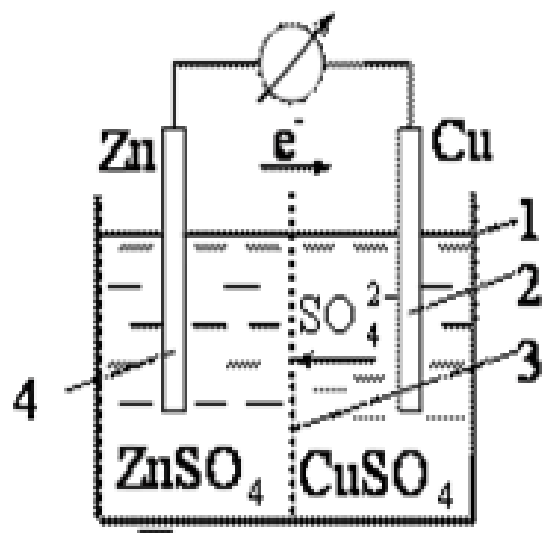


Рис.8. Гальванический элемент Даниэля-Якоби (1-корпус, 2-медный электрод - катод, 3-пористая перегородка, 4-цинковый электрод-анод).

Так принято, все просто и объяснимо, за исключением того, что:

- 1) на вопрос, от чего зависит электродный потенциал и почему он отличается для различных элементов, электрохимии предлагают нам уравнение Нернста:

$$E = E^0 + RT/nF \cdot \lg[\text{Me}^{n+}] \quad (6)$$

где E – электродный потенциал; $[\text{Me}^{n+}]$ – концентрация катионов металла, моль/л;

T – абсолютная температура; n – валентность ионов металла; E^0 – стандартный электродный потенциал; R – универсальная газовая постоянная;

F – число Фарадея ($F = 96\,500$ Кл).

В уравнении (6) не раскрывается физическая сущность (модель процесса) возникновения электродного потенциала E^0 (первый член) и причина индивидуальности его значений. Из атомов различных металлов «выходит» одно и то же число валентных одинаково заряженных электронов, положительный заряд оставшихся атомов для всех элементов должен быть равен или кратен заряду ушедших электронов. Но этого не наблюдается, заряды оказываются различными, возникает противоречие гипотезы и практики.

- 2) Со скоростью света должны «летать» электроны по внешней цепи, а массивные анионы SO_4 и катионы Zn^{2+} с такой же скоростью – в электролите.

3) Как следует из спектров (анализ был сделан ранее, в ч.5), электроны при комнатной температуре из металла Zn выйти в раствор ни при каких условиях не могут, они сохраняют орбитальное движение при температурах вплоть до 1180 К. Тем более это относится к катионам металлов.

Сделанные замечания дают основание для вывода о значительной приближенности современных представлений в электрохимии об электродном потенциале, ДПС, ОВР, принципах работы гальванических и топливных элементах и электрическом токе.

Рассмотреть возникшие вопросы попытаемся с другой точки зрения. Обратившись к спектрам, зададимся вопросом, почему линейчатые спектры различных химических элементов индивидуально различны? В целом спектр каждого элемента является его индивидуальной характеристикой по одной причине: у атомов отдельных веществ существуют только ему свойственные стационарные состояния со своим набором энергетических уровней. Энергетический уровень элементов определяется кинетической энергией W_k орбитального вращения валентных электронов:

$$W_k = \frac{\Pi_{орб} \cdot \omega_5^2}{2} \quad (7),$$

где ω_5 – орбитальная угловая скорость вращения электрона, $\Pi_{орб}$ – орбитальный момент инерции, включающий спин и определяемый по теореме Штейнера:

$$\Pi_{орб} = (\Pi_0 + mR^2) \quad (7a)$$

Здесь Π_0 – момент инерции электрона с учетом спина (в соответствии с моделью рис.2),

R – радиус его орбитали (при скорости ω_5).

При любых химических реакция, в том числе ОВР, кинетическая энергия W_k орбитального вращения валентных электронов может изменяться, как правило, за счет орбитального момента инерции $\Pi_{орб}$, но выходы электронов с орбиталей не происходят.

Энергетическое состояние электронов на орбиталях атомов в невозбужденном стационарном состоянии W_k фиксируется и принимается как электродный потенциал элемента E^0 . Абсолютные значения E^0 для всех атомов и молекул имеют положительный знак, в то время как относительно водорода мы наблюдаем различные знаки. От более активного элемента к менее активному (от цинка к меди, от водорода к кислороду) происходит передача не электронов, а электрического потенциала, энергии, обусловленной разностью энергетических состояний электронов в разных элементах.

Такой вывод подтверждается работой «сухого гальванического элемента» (магний-графит-медь), основанной на «контактной разности потенциалов» (Ал. Вольта, 1797 г). Естественно, что при этом классическая теория электропроводности возникновение контактной разности потенциалов объясняет двумя причинами традиционно «посвоему»: 1) различием работы выхода электронов из металлов, 2) различной концентрацией в проводниках свободных электронов.

Несостоятельность общепринятого представления о «работе выхода» мы рассматривали ранее, вторая причина, как не основная, были также рассмотрены ранее.

Энергетическое состояние электронов, их кинетическая энергия как разность электродных потенциалов, может передаваться в окружающей среде на некоторое расстояние подобно тому, как распространяются электрические или магнитные поля, например, производя «зарядку» тел индукцией при статической электризации (ч.3, рис.6 №4) и подобное. Передача электрической энергии в кристаллической решетке металлов при этом имеет свои особенности, которые будут рассмотрены далее, но электрический ток в гальванических и топливных элементах однозначно – это не поток электронов во внешней цепи и ионов в электролите, а поток электрической энергии, обусловленный разностью потенциалов.

8. Природа электрического тока при термоэлектронной эмиссии, фотоэффекте, катодных лучах.

Катодные лучи, термоэмиссия, фотоэффект наблюдаются в том, и только в том случае, когда между электродами существует разность электрических потенциалов, что следует всегда учитывать при анализе их работы. Электрическое напряжение, подаваемое от внешних источников, оказывает воздействие в первую очередь на валентные электроны атомов контактных электродов и далее - электронов проводника внешней цепи. В гальванических элементах под воздействием электрической разности потенциалов оказываются ионы растворимых солей. В обоих случаях электроны и проводника внешней цепи, и солей электролита будут испытывать воздействие этой разности потенциалов.

При нагреве тел, повышении температуры окружающей среды электроны увеличивают свою кинетическую энергию путем увеличения момента инерции и радиуса орбит (уравнения 7, 7a). Несколько по-другому реагируют электроны на разность потенциалов векторных электрических и магнитных полей. Рассматривая вращение электрона на орбите в рамках элементарной теории гироскопа, английский физик Дж Лармор впервые (в 1895 г., за два года до опытов Дж. Томсона) показал, что воздействие внешнего магнитного поля вызывает увеличение кинетической энергии за счет прецессии орбит электронов в направлении поля (рис.8б).

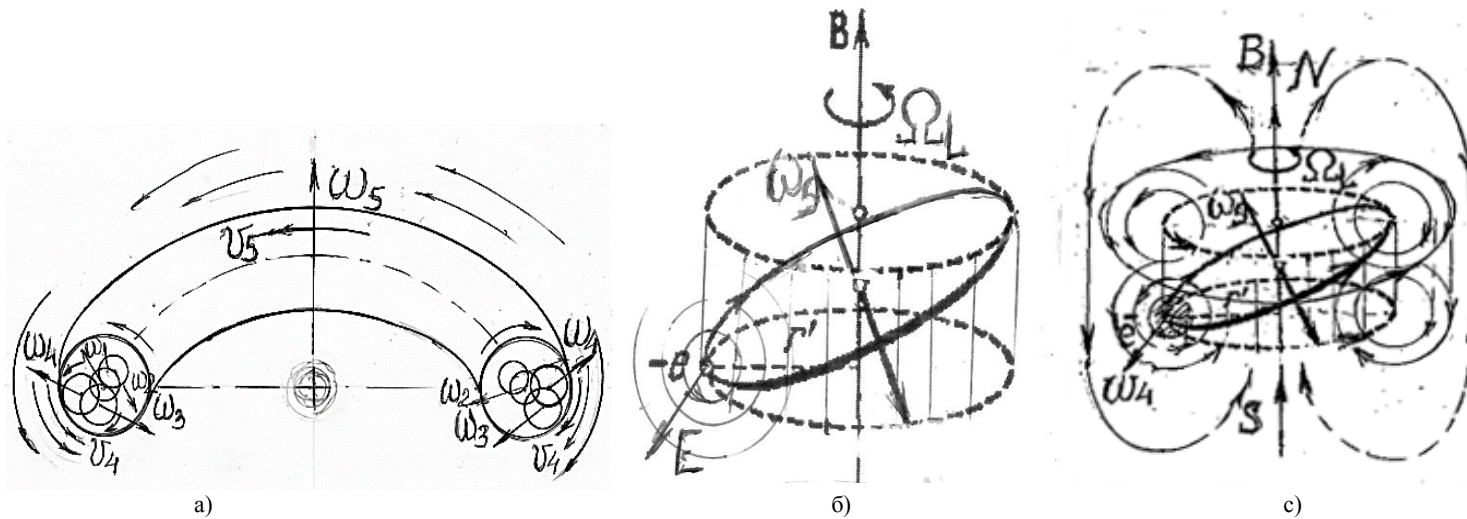


Рис. 9. а) модель орбитального вращения электрона; б) прецессия орбиты; в) поляризация нейтрального атома при прецессии, традиционно определяемая как ионизация.

Угловая скорость ларморовской прецессии Ω_L , обусловленная магнитной составляющей силы Лоренца, была получена из допущения, что угловая скорость вращения гироскопа (орбитальная ω_5 для электронов) значительно больше угловой скорости прецессии, $\omega_5 \gg \Omega_L$. В предыдущей нашей работе было показано, что скорость ларморовской прецессии приобретает другой вид, чем принималось ранее $\Omega_L = eH/2mc$, если момент инерции орбитального вращения более корректно определять по приведенной формуле (7а), учитывающей спин электрона [14]. В этом случае угловая скорость прецессии определится как:

$$\Omega_L = B \cdot P_m / J_{orb} \omega_5 \quad (8)$$

где $B \cdot P_m = M$ – момент внешних сил, $B = \mu_0 \mu_r H$ – индукция внешнего магнитного поля, $P_m = I \cdot S$ – орбитальный магнитный момент электрона.

При наложении электрической составляющей поля напряженностью E сила Лоренца, как и при магнитной составляющей, также проявится как прецессия электронов. Эта закономерность следует из уравнения Лоренца, но ссылок на подобные работы в литературе нами не найдено. Векторная величина скорости ларморовской прецессии Ω_L в электрическом поле в таких случаях определится моментом внешних сил электрической составляющей E и радиус-вектора R ($M = E \cdot R$) при неизменном моменте импульса электрона $J_{orb} \omega_5$:

$$\Omega_L = E \cdot R / J_{orb} \omega_5 \quad (8a)$$

При этом можно рассчитать дополнительную энергию, которую электроны получают за счет прецессионного вращения:

$$W_K = I_{\Omega} \Omega^2 / 2. \quad (9)$$

Важно, что в прецессию вовлекаются не только электроны атомов внешнего проводника цепи и электродов, но и электроны молекул газа в ЭЛТ и молекулы электролита гальванического элемента. Процессуирующие электроны молекул нейтрального газа в ЭЛТ преобразуют газ в особое, наэлектризованное состояние, молекулы которого при этом, приобретая северный (при виде сверху) и южный (снизу) полюса становятся магнитными диполями (Рис.9с). Кроме того, они приобретают дополнительный «заряд» за счет добавочной скорости вращения Ω_L .

Вследствие такой прецессии под действием разности потенциалов электрического поля «корпускулы», став магнитными диполями, приобрели способность отклоняться в электрических и магнитных полях. Это ввело в заблуждение предыдущих исследователей, принимая осциллирующие электроны нейтральных молекул за «свободные электроны» или ионы газа. Становятся вполне объяснимы результаты опытов Дж. Томсона, когда для различных газов, наполняющих трубку получены различные значения e/m . По-видимому, с этих позиций следует так же переоценить результаты опытов Р.Э. Милликена.

Осциллирующие молекулы газов проявляют еще одно замечательное свойство – люминесценцию. «Будем называть люминесценцией избыток над температурным излучением тела в том случае, если это избыточное излучение обладает конечной длительностью примерно 10^{-10} секунд и больше». Таково каноническое определение люминесценции, данное советским учёным С.И. Вавиловым (1948 г.)

«Люминесценция – свечение тел, которое не может быть объяснено их тепловым излучением, но результат квантовых переходов в возбужденных атомах, молекулах, кристаллах» – это то, что известно науке. Между тем, по нашим представлениям именно механизм осциллирования лежит в основе не только электрического тока, катодных лучей, статического электричества, фотоэффекта, в люстрах Чижевского, но и работе газоразрядных ламп и люминесценции, наблюдаемой, в том числе, при северном сиянии.

Рассматривая электромагнитную индукцию, ранее нами было показано, что электрический ток – это поток светонесущей среды (электрического поля, субстанции, эфира), побуждаемый «сторонними силами» в генераторе и передаваемый к потребителю по проводам в каналах «проводимости», которые образованы прецессией электронов [15, с. 12].

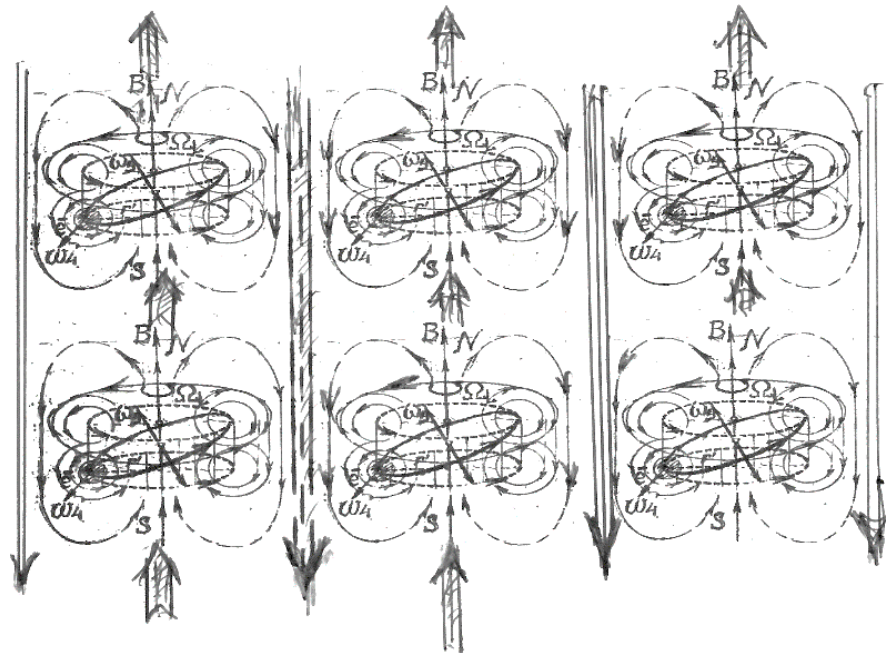


Рис.10. Каналы проводимости среди атомов кристаллической решетки.

Внесем некоторое уточнение в описание природы передачи электрического тока. Подобно тому как тепловое излучение, свет, радиоволны являются результатом передачи электронами энергии при переходе их из возбужденного состояния в стационарное, так же происходит и при передаче электрического тока. Разница заключается в том, что кинетическая энергия W_K в электрическую цепь передается от осциллирующих орбит электронов $W_K = I_{\Omega} \Omega^2 / 2$, (уравнение 9). Передача электрической энергии происходит по проводам с минимальным сопротивлением в каналах проводимости кристаллической решетки (рис.10). При электрическом токе каналы проводимости образованы сонаправленным прецессирующим вращением электронов, когда вихри отдельных атомов складываются в общий поток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложена модель орбитально вращающихся электронов, объясняющая ковалентную связь как основу построения кристаллических решеток металлов. Зонная теория электропроводности металлов Друде–Лоренца–Зоммерфельда противоречит принципам построения твердого тела и кристаллических решеток.

2. Статическое электричество не может быть объяснено накоплением и перемещением свободных электронов в диэлектриках, что противоречит той же зонной теории.

3. При фотоэффекте фотоны не способны выбить электроны с орбит потому, что несут в себе энергию не более того, чем получили при переходе электрона с возбужденной орбиты на стационарную. Единственно что они могут – возбудить электрон, переведа его на другую возбужденную орбиталь. Фототок обусловлен не электронами, выбитыми фотонами, а молекулами газов, преобразованных при прецессии в магнитные диполи.

4. В катодных лучах при термоэлектронной эмиссии «работа выхода» и «энергия выхода» при фотоэффекте, определяемая минимальной длиной волны, ионизацию металла катода не совершают. В этих случаях электроны, процессируя, остаются на орбитах, но под действием внешнего электрического поля изменяется проводимость газа, разделяющего электроды.

5. Природа катодных лучей, термоэлектронной эмиссии, фотоэффекта, электрического тока и все с ним связанное находят объяснение прецессией электронов на орбитах в соответствии с элементарной теорией гироскопа, предложенной английским физиком Дж. Лармор (1895г.).

6. Предложено рассматривать электродный потенциал в химических окислительно-восстановительных реакциях как следствие различного энергетического состояния электронов на валентных орбиталях атомов в стационарном состоянии. Различные окислительно-восстановительные реакции, в том числе в гальванических и топливных

элементах, протекают за счет разности электродных потенциалов без выхода и перемещения электронов, катионов и анионов. Предложено считать причиной люминесценции прецессионное вращение электронов под воздействием внешних электрических или магнитных полей.

8. Передача электрического тока в проводниках обусловлена не «направленным движением электронов», а передачей энергии по «каналам проводимости» кристаллической решетки проводника, образуемых прецессией орбит электронов.

Список литературы / References

1. Волькенштейн Ф. Ф. Зонная теория твердого тела и пределы ее применимости. УФН, Т. XLIII, вып. 1, Январь, 1951.
2. Недостатки модели свободных электронов. Лекции, МГУ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/solidst/physmet1.htm/> (дата обращения: 10.05.2023).
3. Открытая физика. /Учебник. Ч.2. Электрический ток в металлах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: physics.ru/textbook1/chapter1...paragraph12/ (дата обращения: 10.06.2023).
4. Физический энциклопедический словарь, Гл. ред. Б.А. Введенский, Б.М. Вул, т.2 (Е–Литий), М., «Советская Энциклопедия» 1962, 608С. –стр.62. Зонная теория – Энциклопедия Руниверсалис, руни. ф> index. php/Зонная теория.
5. Tolman R., Stewart T. / Phys. Rev. 8, 97 (1916); 9, 164 (1917). 2. R. Tolman et al., *ibid.* 21, 525 (1923); R. Tolman, Mott-Smith, *ibid.* 28, 794 (1926).
6. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М., Высшая школа 1961. 330 С.
7. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, т.1-2, Изд-во Мир, М.;1977. 496 с.
8. Цидильковский И.М. Электроны и дырки в поле сил инерции. УФН. Февраль. Том 115, вып. 2 1975 г.
9. Паулинг Л. Природа химической связи. М.—Л.: Изд. ГХИ. 1947. — 440 с.
10. Heitler W., London F. Wechselwirkung neutraler Atome und homöopolare Bindung nach der Quantenmechanik (нем.) // Zeitschrift für Physik: журнал. — 1927. — Н. 44. — Р. 455-472
11. Бродский А.И. Физическая химия. Т.1. «Госхимиздат», М.-Л., 1948.
12. Канарёв Ф.М. Электрон. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/9923.html/> (дата обращения: 01.06.2023).
13. Ацюковский В.А. Эфиродинамические основы электромагнетизма. Теория, эксперименты, внедрение. М., Энергоатомиздат 2011 г.
14. Ильченко Д.В., Ильченко Л.И. Актуальные вопросы естествознания. // Поиски и заблуждения, сенсация и катаклизм отменяются. // Проблемы современной науки образования. №5 (162). Ч.1. 2021. DOI: 10.24411/2304-2338-2021-10501 15.
15. Ильченко Д.В. Ильченко Л.И. Электродинамика. Часть 1. Природа сил электромагнитной индукции. Новый взгляд; Лоренц или Лармор? // Проблемы современной науки и образования №4 (161). 2021. DOI: 10.24411/2304-2338-2021-10402
16. Feynman R.P. The Theory of Positrons. /Physical Review. Vol.76. Number 6, September 15, 1949 p.749-759 /Department of Physics, Cornell University, Ithaca, New York./
17. Эпендиев М.Б. «Теоретические основы физики». Издание второе. Издательство «ИКИ».2018 г. С. 472.
18. Bertozzi W. «Speed and Kinetic Energy of Relativistic Electrons» American Journal of Physics, 32, p.551-555, (1964).
19. Физические основы электростатики и ЭСР. Equation Chapter 1 Section 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [miem.hse.ru>data/2012/10/17/1247509401/ЭСР1.pdf/](http://miem.hse.ru/data/2012/10/17/1247509401/ЭСР1.pdf/) (дата обращения: 01.06.2023).
20. Льюис М. История физики. Гл.11. М., Мир.1970 г.
21. Зиновьев В.А. Краткий технический справочник. Том 1. М.-Л. Техтеориздат, 1949. — с. 183
22. Давыдов С.Ю. О соотношении потенциала ионизации и работы выхода: металлы. / Журнал технической физики, 2002, том 72, вып.1/ Санкт-П. Гос. электротехнический университет, 197376 Санкт-Петербург, Россия.
23. Молекулярные спектры. БСЭ [в 30 т.] / под ред. А.М. Прохорова – 3-е изд. Москва.: Советская энциклопедия, 1969 г.
24. Biever Celeste, First membrane-free alkaline fuel cell built / New Scientist, Technology 22 March. 2005.
25. Семенов Н.Н. Горение и взрыв. Т.2. – С.704. /Избранные труды в 4 томах. М. Наука, 2005г.
26. Морозов И.В., Болталин А.И., Карпова Е.В. Окислительно-восстановительные процессы. /Уч. пособие – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 79 с.
27. Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г.А. Электрохимия. — 2-е изд., испр. и перераб. / М.: Химия, Колос С, 2006. — 672 с: