

4-е НАУЧНОЕ ОБНОВЛЕНИЕ ШКОЛЬНОГО УЧЕБНИКА.

11. РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА КОМПТОНА В НОБЕЛЕВСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ А. ЭЙНШТЕЙНА

Новая теория микромира позволяет просто объяснять физику и химию тех явлений и процессов, перед которыми пасуют другие теории, переводя научные объяснения в статус научных сказок, если так можно сказать.

Следующим важным понятием Термодинамики макромира является понятие давление газов, формируемое их молекулами и кластерами. Оно широко используется в математических моделях Термодинамики макромира, которые позволяют рассчитывать различные термодинамические процессы. Возникает вопрос: участвуют ли другие обитатели микромира в формировании атмосферного давления?

Обратим внимание на формирование треска при появлении электрической искры. Раскаты грома в грозу многократно мощнее треска электрической искры. Из этого следует вопрос: в чём суть повышения давления в воздухе в момент рождения молнии? Ответ элементарен. Фотоны излучают электроны, радиусы r_e которых на 7 порядков меньше размеров фотонов, излучаемых молниями в грозу. Фотоны, излученные электронами, и формируют гром в грозу.

$$r_e(theor) = \frac{C \cdot h}{4\pi \cdot \mu_B \cdot H_e} = \frac{2,998 \cdot 10^8 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34}}{4 \cdot 3,142 \cdot 9,274 \cdot 10^{-24} \cdot 7,025 \cdot 10^8} = 2,426 \cdot 10^{-12} \text{ м}, \quad (190)$$

Размер электрона и размер фотона определяют их радиусы. Радиус фотонов, излучаемых электроном, изменяется в интервале ($3 \cdot 10^7 \dots 3 \cdot 10^{-18}$) м.

Средний радиус светового фотона на 5 порядков (10^5) больше радиуса электрона, излучающего фотоны

Уже найдена экспериментальная и теоретическая величины электрона они равны.

$$\lambda_e = \lambda_e(\text{exp er}) = 2,426 \cdot 10^{-12} \text{ м} = r_e(theor). \quad (192)$$

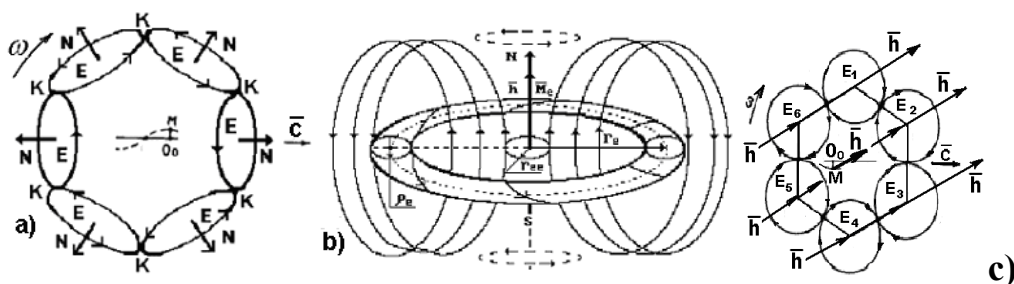


Рис. 53: а) и с) схемы моделей фотонов; б) схема модели электрона.

На рис. 54, показана схема экспериментальной установки для изучения эффекта Комптона, а на рис. 54, с и d – схема изменения длины волны отраженных фотонов при изменении угла φ . В эксперименте использовались рентгеновские фотоны с длиной волны $\lambda_r = 5,6267 \cdot 10^{-11} \text{ м}$.

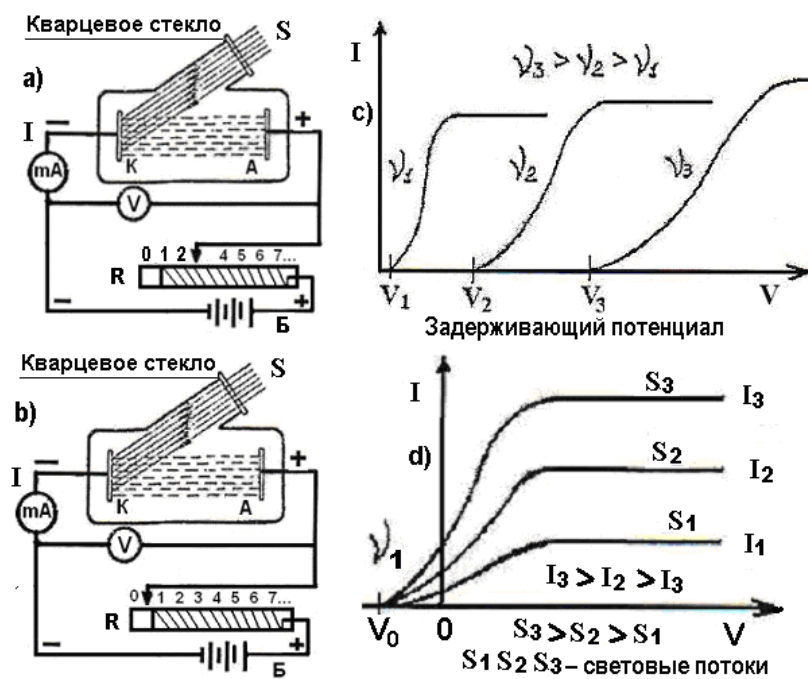


Рис. 54: а) и б) классическая схема эксперимента; с) зависимость тока I фотоэффекта от интенсивности S светового потока; д) зависимость частоты от величины стабилизирующего потенциала при разной частоте фотонов в световом потоке; е) световые потоки S эквивалентны токам.

Считается, что А Эйнштейну удалось разработать теорию этого эксперимента, объясняющую его физическую суть и точно рассчитывающую его результат. Он предположил простую математическую модель (173), которая, как считается до сих пор, великолепно описывает количественные характеристики этого эффекта и позволяет правильно интерпретировать его физическую суть. За это ему была присуждена Нобелевская премия в 1922 году.

$$E_k = h\nu - W, \quad (193)$$

где E_k - кинетическая энергия фотоэлектрона, испускаемого фотокатодом К; $h\nu$ - энергия фотона, но какого именно, не поясняется; W - работа выхода фотоэлектрона (рис. 154).

Из экспериментальной спектроскопии следует, что электроны удаляются от ядер атомов ступенчато. Ступенчато меняются и их энергии связи с

протонами ядер, поэтому появление дополнительных свободных электронов в фотоэффекте К – результат потери ими связи с протонами ядер атомов. Следовательно, закономерность этой потери должна подчиняться закону излучения и поглощения фотонов электронами атомов. Из этого следует, что математическая модель (193), предложенная А. Эйнштейном для интерпретации фотоэффекта, должна быть идентична выявленной мною математической модели формирования спектров атомов и ионов, которая имеет вид

$$E_f = E_i - \frac{E_1}{n^2}, \quad (194)$$

где E_f - энергия фотона, поглощаемого или излучаемого электроном; E_i - энергия ионизации электрона, равная энергии такого фотона, после поглощения которого, электрон теряет связь с протоном ядра и становится свободным; E_1 - энергия связи электрона с протоном ядра атома, соответствующая его первому энергетическому уровню; $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ - квантовые числа; $E_b = E_1/n^2$ - энергии связи электрона с протоном ядра, соответствующие энергетическим уровням $n = 1, 2, 3, 4, \dots$.

А. Эйнштейн считал, что фотоны с энергией $h\nu$, облучающие фотокатод (К), выбивают из него электроны, кинетическая энергия E_K которых равна разности энергии фотона $h\nu$ и энергии, равной работе выхода W . В электрической цепи в этот момент появляется ток.

Оказалось, что существуют такие режимы работы фотоэффекта, когда ток в электрической цепи катод (К) – анод (А) равен нулю. Напряжение, при котором это происходит, называется **задерживающим потенциалом** V . При этом величина задерживающего потенциала V увеличивается ступенчато с увеличением частоты ν света. Из этого был сделан вывод о том, что величина задерживающего потенциала V определяется кинетической энергией E_K электронов, излучаемых фотокатодом К под действием светового облучения. Считалось также, что фотоны с большей частотой ν , имея большую энергию, не только выбивают электроны из катода К, но и сообщают им большую кинетическую энергию E_K , поэтому для задержания таких электронов требуется большой отрицательный электрический потенциал V .

Если частоту ν фотонов не менять, но увеличивать их интенсивность S , то величина тока I тоже увеличивается.

Начнём анализ главной неясности, которую все физики обходят уже более 100 лет. Как понимать задерживающий потенциал V , получаемый с помощью электрической схемы, представленной на рис. 54? Ведь потенциал на аноде А, как считается, положительный и он

притягивает отрицательно заряженные электроны, но не отталкивает их и поэтому не может формировать задерживающий потенциал.

И, тем не менее, эксперимент показывает, что, если увеличивать световой поток S с одной частотой ν фотон ступенчато, то величина тока I также увеличивается ($I_3 > I_2 > I_1$) и при определённом напряжении становится постоянной. Величина напряжения V , при котором ток равен нулю, называется **задерживающим потенциалом** V_0 . Для понимания сути анализируемого процесса введём очень важное понятие Это необходимо потому, что он фиксируется при смене частоты света, облучающего пластину К.

Итак, считается, что фотон выбивает электрон из катода. Сделать это он может лишь при одном условии: передавая свой импульс электрону. Как же он может это сделать, если размер светового фотона 10^{-7} м на 5 порядков больше размера 10^{-12} м электрона? Ответ один: передача движущимся фотоном импульса электрону, находящемуся в атоме, **абсолютно невозможна** без процесса поглощения фотона электроном.

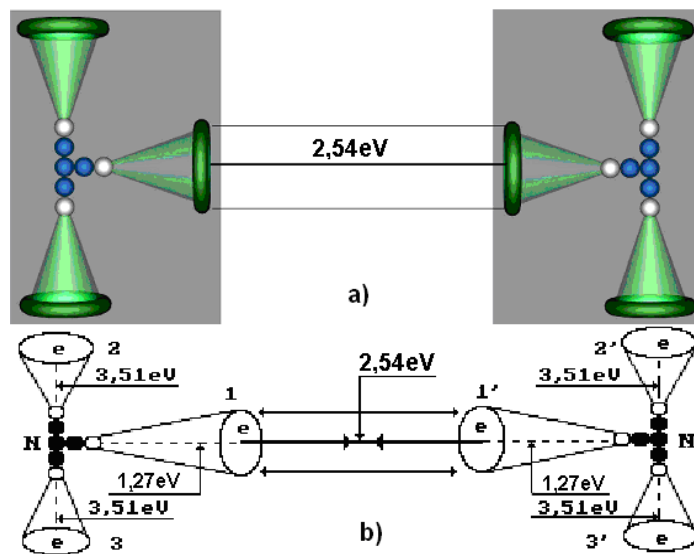


Рис. 55. Схемы моделей молекулы лития

Экспериментальные исследования фотоэффекта обычно проводят с фотокатодами (отрицательно заряженными пластинами) из щелочных металлов. Например, известно, что работа выхода фотоэлектрона с литиевого фотокатода равна $W=2,54$ eV. Это суммарная энергия связи между двумя (1 и 1') валентными электронами молекулы лития (рис. 55).

Появление тока в облучаемой пластине может быть следствием двух временных событий. Фотоны 5 и 6 поляризуются при отражении и ориентируют беспорядочно сориентированные электроны в упорядоченно сориентированные электроны вдоль провода (рис.

Чем больше фотонов попадет на поверхность катода, тем мощнее будет их поляризующее действие в момент отражения, которое ориентирует большее количество электронов и величина тока (однонаправленного движения электронов) увеличится (рис. 56).

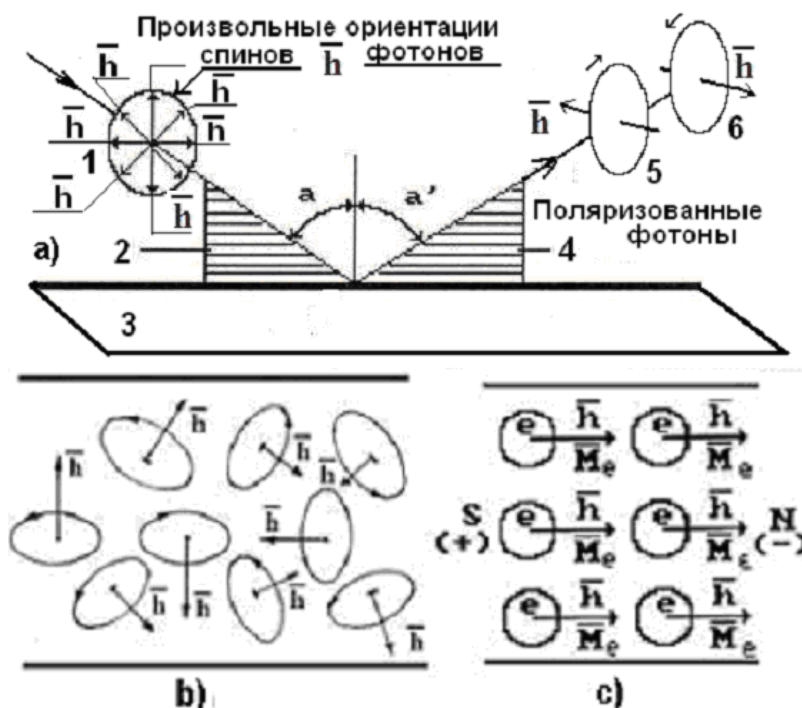


Рис. 56: а) поляризация фотонов при отражении; б) хаотическая ориентация свободных электронов в проводе; с) поляризация свободных электронов в проводе фотонами при их отражении

Первая причина таких результатов эксперимента – поглощение фотона валентным (1 или 1') или не валентным (2 или 2' и 3 или 3') электроном молекулы лития (рис. 55).

Обратим внимание на то, что энергия связи $W = E_b = 2,4eV$ принадлежит одному фотону. После поглощения этого фотона одним из валентных электронов (1 или 1') она распределяется между двумя электронами (1 и 1') поровну и становится равной 1, 27 eV .

Вторая причина появления тока в проводах – поляризация фотонов в момент их отражения от плоскости 3. В результате их спины \bar{h} оказываются параллельными плоскости отражения 3 и они, действуя на свободные электроны в проводе, упорядочивают их ориентацию вдоль провода, которая немедленно передается всем свободным электронам, и приборы фиксируют это, как появление напряжения в цепи.

Таким образом, **первое** событие увеличивает количество свободных электронов в проводе, а значит - и величину тока. **Второе** событие формирует направленный ток в проводе.

Результаты опытов по фотоэффекту позволяют проверить достоверность результатов описанных опытов. Для этого надо проверить главное квантовое число n , которое определяет энергию связи любого электрона любого атома при его переходе в свободное состояние в материале катода K . В этом случае электроны могут занимать, так называемые стационарные энергетические уровни и величины их энергий связи E_{bn} с протонами ядер атомов определяются по элементарной зависимости $E_{bn} = E_1/n^2$. Здесь E_1 - энергия связи электрона с протоном ядра, соответствующая его первому энергетическому уровню $n=1$. Она содержится в экспериментальных спектрах и определяется по специальной методике.

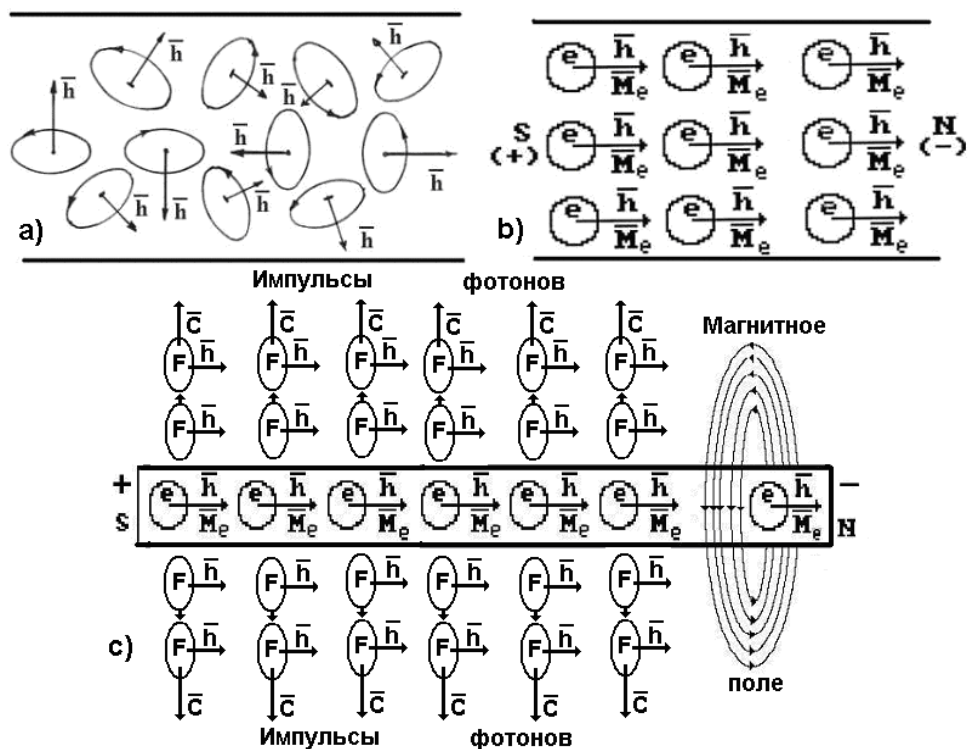


Рис. 57: а), б) – схемы изменения ориентации свободных электронов e в проводе под действием электрического потенциала; в) – схема магнитного поля вокруг провода и излучения электронами e провода импульсов поляризованных фотонов F

Если не валентный электрон атома, находящегося в составе молекулы, поглощает такой фотон, который уменьшает его энергию связи E_{bn} с протоном ядра до нуля, и он становится свободным, то главное квантовое число n в этом случае будет дробным числом.

Итак, экспериментальное значение, так называемой энергии выхода $W(193)$ фотоэлектрона, должно позволить вычислить величину главного квантового числа n , при котором электрон, поглотивший

фотон, становится свободным. Попытаемся найти связь работы выхода W фотоэлектрона с главным квантовым числом n .

$$E_b = E_1 / n^2 \quad (195)$$

Соотношение следует из экспериментальной спектроскопии, поэтому оно является математической моделью **закона** формирования спектров атомов и ионов. Уравнение Эйнштейна (193) также описывает аналогичный процесс поглощения фотонов электронами. Это дает нам основание предположить идентичность физической сути уравнений (193) и (194) однозначность их интерпретации. Действительно, из приведенных уравнений и описанной интерпретации эксперимента следует

$$E_k = E_f. \quad (196)$$

Это означает ошибочность представлений о физической сути энергии E_k . Это не кинетическая энергия электрона, а энергия поглощённого им фотона. Из этого следует, что электрон атома или молекулы после поглощения фотона с энергией E_k становится свободным и никуда не вылетает. Он остаётся в зоне получения свободы и увеличивает количество свободных электронов в этой зоне.

Конечно, отделившись от молекул, электрон имеет какую-то кинетическую энергию, но она недостаточна, чтобы выйти за пределы тела, в котором произошло это событие. Этот процесс идёт непрерывно почти во всех телах. Увеличение частоты фотонов, а значит и их энергий, означает, что они освобождают от связей электроны с большими энергиями связи (2 или 2' или 3 или 3' рис. 55) и таким образом увеличивают количество свободных электронов в теле, облучаемом фотонами. Далее

$$h\nu = E_i. \quad (197)$$

Из этого явно следует, что величина энергии $h\nu$ в уравнении (172) А. Эйнштейна является энергией ионизации E_i электрона, излучаемого материалом фотокатода. Она равна энергии такого фотона, поглотив который, электрон становится свободным. Из уравнений (193) и (194) также следует.

$$W = \frac{E_1}{n^2} = E_b. \quad (198)$$

Новое прояснение: работа выхода W фотоэлектрона равна энергии связи электрона $E_{bn} = E_1/n^2$ в момент пребывания его на определенном энергетическом уровне n в атоме или молекуле.

Опишем ещё раз ошибочную интерпретацию физической сути составляющих формулы (198) А. Эйнштейна. Она повлекла за собой ошибочную интерпретацию физической сути фотоэффекта, поэтому возникает необходимость разобраться в сути этой ошибочности.

Таблица 14. Спектр первого электрона атома лития

| Значения | N | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|----|------|------|------|------|
| E_f (эксп.) | eV | - | 3,83 | 4,52 | 4,84 |
| E_f (теор.) | eV | 1,18 | 3,83 | 4,51 | 4,83 |
| E_b (теор.) | eV | 3,51 | 1,56 | 0,88 | 0,56 |

Таблица 15. Спектр второго электрона атома лития

| Значения | N | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|----|-------|-------|-------|-------|
| E_f (эксп.) | eV | 62,41 | 69,65 | 72,26 | 73,48 |
| E_f (теор.) | eV | 62,41 | 69,62 | 72,25 | 73,47 |
| E_b (теор.) | eV | 13,54 | 6,02 | 3,38 | 2,17 |

Таблица 16. Спектры третьего электрона водородоподобного атома лития и энергии связи E_b его с ядром атома на стационарных энергетических уровнях

| Значения | N | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|----|-------|--------|--------|--------|
| E_f (эксп.) | eV | 91,84 | 108,84 | 114,80 | 117,55 |
| E_f (теор.) | eV | 91,84 | 108,85 | 114,80 | 117,55 |
| E_b (теор.) | eV | 30,61 | 13,60 | 7,65 | 4,80 |

Это даёт нам возможность определить номер энергетического уровня валентного электрона, с которого он уходит в свободное состояние после поглощения фотона.

Подставляя в формулу (172) $W = E_b = 2,4eV$ и $E_1 = 14,05eV$, найдем $n=2,4$. Поскольку величина n оказалась дробным числом, то это значит, что поглощённый фотон освободил один из валентных электронов (1 или 1') атома лития в его молекуле (рис. 60). Энергия связи свободных электронов атомов лития изменяется в этом случае в интервале 1,56...3,51eV (табл. 36). Величина энергии $W = E_b = 2,4eV$ распределяется между двумя валентными электронами молекулы лития.

Таблица 17. Энергии связи E_b электрона атома водорода e_H и первого, второго и третьего электронов атома лития Li с ядром

| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | |
|-------|-------|-------|------|------|------|
| e_H | 13,6 | 3,40 | 1,51 | 0,85 | 0,54 |
| 1 | 14,06 | 3,51 | 1,56 | 0,88 | 0,56 |
| 2 | 54,16 | 13,54 | 6,02 | 3,38 | 2,17 |
| 3 | 122,5 | 30,6 | 13,6 | 7,65 | 4,90 |
| | | | | | |
| N | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| e_H | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| 1 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,06 |
| 2 | 0,54 | 0,45 | 0,38 | 0,32 | 0,28 |
| 3 | 1,23 | 1,01 | 0,85 | 0,72 | 0,63 |

Таким образом, потребовалось почти 100 лет, чтобы установить истинный физический смысл математических символов закона фотоэффекта (173), открытого мною.

Анализ моего закона (173) формирования спектров атомов и ионов и результаты расчета спектров (табл. 14-17) показывают, что энергия связи E_b электрона с ядром атома меняется ступенчато (174). Чем больше энергия связи электрона с протоном ядра, тем большая энергия фотонов требуется для разрыва этой связи, но не для сообщения кинетической энергии электрону, которому дали название фотоэлектрон. Например, чтобы освободить от связи один из не валентных электронов (2 или 2', 3 или 3') молекулы лития (рис. 60) необходимо ступенчато увеличить энергию облучаемых фотонов, примерная величина которой равна 3,51 eV .

Из изложенного следует обилие противоречий у существующей ошибочной интерпретации фотоэффекта, но корректность математической модели (172), описывающей этот эффект, сохраняется. Это обусловлено тем, что, как мы теперь установили, математическая модель (172) описывает лишь процесс перехода электрона из связанного состояния в свободное и не описывает его вылет из фотокатода.

Конечно, мы не имеем ещё информации о процессе поглощения фотона электроном. Можно только предположить, что в момент отражения фотона от поверхности фотокатода его скорость может меняться в широких пределах и при угле отражения, близком к 90° , он имеет фазу остановки, в результате которой его кольцевые магнитные поля формируют магнитные лучи, на концах которых появляется магнитная полярность. Взаимодействуя с противоположной магнитной полярностью электрона, масса фотона, сформированная самим магнитным полем, образно говоря, перетекает (перекачивается) в структуру электрона, уменьшая его энергию связи с протоном ядра или с валентным электроном соседнего атома в молекуле.

На рис. с - три разных начальных задерживающих потенциала V_1, V_2, V_3 . Это значит, что при последовательном увеличении частоты

фотонов, начальный задерживающий потенциал каждый раз оказывался больше. Это фундаментальное следствие указывает на то, что увеличение частоты фотонов, поглощаемых валентными электронами атомов, входящих в молекулы, расширяет диапазон разрушаемых энергий связи ступенчато. Это значит также, что начинают освобождаться и не валентные электроны. Вполне естественно, что ступенчато увеличивается и количество свободных электронов, которые, как считается, надо задерживать.

Далее, оказалось, что величина начального задерживающего потенциала у катодов зависит не только от частоты фотонов, но и от материала катода, что вполне естественно, так как валентные и не валентные электроны атомов, находящихся в составе молекул разных химических элементов, имеют разные энергии связи и разные диапазоны их изменения.

Зависимость задерживающего потенциала от материалов катодов показана на рис.

Из неё следует, что величина задерживающего потенциала для катода из конкретного материала, зависит линейно от частоты ν фотонов, падающих на катод. Причём, линии изменения этих зависимостей для катодов из разных материалов имеют один и тот же угол наклона.

Это исключительно ценный экспериментальный факт, позволяющий раскрывать структуры атомов и молекул материалов катодов, но в научной литературе отсутствует информация об этом. Не будем описывать большие детали.

А теперь обратим внимание на то, что в анализируемом случае источником питания является батарея. Потенциал на её электродах меняется с помощью резистора. Вполне естественно, что резистор вызывает падение напряжения на клеммах батареи. Величина этого падения зависит от количества витков резистора R , включенных в работу. При максимальном количестве витков, включённых в работу, падение напряжения будет максимально. Вольтметр V показывает **остаток потенциала** на клеммах батареи. 56.

Берём вначале пластину с материалом 1, которая, согласно схемам на рис. 63, а и б, выполняет роль катода K . Когда пластина не облучается, то её потенциал будет равен той части потенциала на клеммах батареи, которая не расходуется на падение напряжения на клеммах батареи включённым резистором R .

Если начать облучать пластину катода K светом, то у неё появится избыток свободных электронов, которые сформируют потенциал больший того, что остаётся на клеммах батареи после падения напряжения, вызываемого резистором R . В результате начнётся процесс выравнивания потенциала, и амперметр зафиксирует его своими показаниями. Чтобы прекратить этот процесс, надо увеличить потенциал на клеммах батареи. Делается это уменьшением сопротивления

резистора R . Это и есть причина увеличения задерживающего потенциала.

Таким образом, равенство потенциалов на пластине K и клеммах батареи и определяет величину потенциала, который называется задерживающим и который показывает вольтметр V . Величина этого потенциала регистрируется при нулевом показании миллиамперметра mA .

Далее, увеличение частоты фотонов, посылаемых на поверхность пластины K , увеличивает количество освобождаемых электронов ступенчато и задерживающий потенциал на этой пластине растёт ступенчато. Чтобы удержать увеличенный потенциал на пластине K , надо увеличить потенциал на клеммах батареи. Достигается это уменьшением сопротивления резистора R . Факт равенства потенциалов на пластине K и на клеммах батареи регистрирует миллиамперметр отсутствием тока в цепи: пластина K – минусовая клемма батареи.

Из описанного следует, что последовательное увеличение частоты, а значит и энергии фотонов, позволяет им освобождать электроны с большими энергиями связи и таким образом увеличивать количество свободных электронов. В результате растёт величина потенциала на пластине K и, чтобы закрыть путь электронам, формирующим этот потенциал, необходимо увеличить потенциал на клемме батареи путем уменьшения сопротивления резистора R . Последовательность этой операции приводит к получению прямолинейной зависимости между задерживающим потенциалом V и частотой ν фотонов, облучающих пластину.

Например, на рис. 54 показано, что фотоны с частотой ν_{11} формируют на пластине K потенциал, который можно удержать потенциалом V_{11} на клеммах батареи.

Желающие могут проверить достоверность описанной интерпретации физической сути задерживающего потенциала, установив второй миллиамперметр в цепи: пластина A (анод) - плюсовая клемма батареи. При любом увеличении частоты фотонов, посылаемых на поверхность пластины K , второй амперметр ничего не покажет, доказывая глубину ошибочности существующей интерпретации фотоэффекта. Вторая пластина (A) вообще не нужна в этой схеме. Наличие вакуума желательно, так как это уменьшает разрядку пластины K за счёт ионизации воздуха вблизи её поверхности.

Строго говоря, особой нужды в проверке достоверности описанной интерпретации физической сути задерживающего потенциала не существует, так как она реализуется в схемах работы солнечных батарей, где нет потенциалов, задерживающих электроны, рождающиеся в солнечных батареях. Эти электроны никуда не вылетают, а движутся по проводам и пополняют потенциал электролитических батарей.

А. Эйнштейн приписал энергии связи электрона с протоном работу выхода W , которая, как считалось, формирует кинетическую энергию освободившемуся электрону. Теперь мы знаем, что освободившийся электрон не обладает кинетической энергией, он остаётся в зоне освобождения от связей и увеличивает количество свободных электронов в этой зоне.

Из новой теории спектров, как мы уже показали, однозначно следует, что электрон, поглотивший фотон с энергией, равной энергии его связи с протоном, становится свободным и остаётся в зоне своего освобождения вместе с другими свободными электронами. Так что нет у него начальной кинетической энергии, чтобы вылететь из зоны своего освобождения, поэтому миллиамперметр (mA) в схемах ничего не показывает при начальном значении задерживающего потенциала.

Математическое уравнение А. Эйнштейна, описывающее экспериментальные закономерности фотоэффекта (193), имеет более глубокий физический смысл. При правильной интерпретации составляющих этого уравнения, оно становится математической моделью закона формирования спектров атомов и ионов (194), открытого нами в 1993 году.

Существующие представления о задерживающем потенциале в фотоэффекте глубоко ошибочны. Они противоречат принципиальным схемам работы солнечных батарей.

Новая интерпретация физической сути задерживающего потенциала в фотоэффекте следует из совокупности наших научных результатов о микромире. Она не имеет противоречий и поэтому ближе к реальности, чем старая интерпретация с обилием противоречий.

Заключение

Фотоэффект и эффект Комптона богаты на физический смысл, суть которого они описывают ярко, но не до конца понятно. Логика интерпретации Эйнштейновского фотоэффекта не согласуется с логикой закона формирования спектров атомов и ионов (193), хотя конечные результаты получаются в ряде случаев одинаковые, что вызывает необходимость продолжения анализа физической сути этого явления.

Как видно, с увеличением температуры радиусы фотонов, совокупность которых формирует температуру, уменьшаются. Это значит, что температуру с величиной вблизи абсолютного нуля формируют фотоны, имеющие самые большие радиусы, и мы сейчас убедимся в этом. За это им была присуждена Нобелевская премия в 1978 г.)

б) российская зависимость плотности реликтового излучения

Вселенной от длины волны излучения, полученная из американской экспериментальной зависимости путём правильного пересчёта.

Тонкая линия - Теоретическая линия. Жирная линия – экспериментальная линия.

Считалось, что формула Вина (199) справедлива только для замкнутых систем. Однако, Природа процесса излучения едина, поэтому должна быть связь между процессом излучения абсолютно чёрного тела и процессом излучения Вселенной и мы не имеем права уклоняться от проверки достоверности этого факта с помощью формулы Вина.

6.09.2020.К.Ф.М.