

Круговая электромагнитная волна в атоме, как причина существования стационарных орбит. Инфракрасное излучение атомов в результате гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода.

Автор Андрей Чернов

E mail: and8591@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6461-5261>

Содержание

1. Аннотация – 2-3 стр.
2. Методы – 3-18 стр.
3. Результаты – 18-22 стр.

1. Аннотация.

Это исследование базируется на положении, что в атоме водорода присутствует **круговая электромагнитная волна**, которая является физической причиной существования стационарных орбит. В исследовании для определения параметров этой волны и размеров стационарных орбит была использована **синхронность распространения внутриатомной круговой электромагнитной волны и обращения электрона вокруг протона**. Эта синхронность заключается в целом числе проходов круговой электромагнитной волны между протоном и электроном за период (периоды) обращения электрона (**правило синхронности**). При соблюдении этого правила круговая электромагнитная волна, подобно стоячим электромагнитным волнам, **не излучается во внешнее пространство, а остаётся внутри атома**.

Через применение правила синхронности была определена скорость распространения круговой электромагнитной волны в атоме водорода: $c_a = 2,99784597 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ (2-1). Относительное отклонение от скорости света в вакууме, где $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ составило: 0,0026 %. Опираясь на правило синхронности, были определены (стр. 5-12) параметры внутриатомной круговой электромагнитной волны: длина (2-33), частота (2-35), энергия (2-37). Энергия e_n этой волны имеет следующие значения: $-13,605693 \text{ эВ}$, $-3,401423 \text{ эВ}$, $-1,511743 \text{ эВ}$, $-0,850355 \text{ эВ}$... Как видим, эти значения энергии равны уровням энергии E_n атома водорода. Это можно объяснить тем, что E_n и e_n – это **разные названия одной энергии**. Необходимо подчеркнуть, что значения энергии (2-37) были получены **без применения постулатов Бора**.

Анализ полученных в этом исследовании результатов позволил получить формулу 2-40 (**правило двух частот**). К научному результату, который был получен через эту формулу, следует отнести доказательство невозможности атома водорода излучать фотон, когда электрон находится на первой стационарной орбите.

Правило синхронности было применено к случаю гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода. В результате были получены новые физические формулы 2-51, 2-54. Через эти формулы были определены радиусы (2-52) стационарных орбит электрона, длина (2-55), энергия (2-57) внутриатомных круговых электромагнитных волн. Затем были определены энергия 2-58 и длина 2-59 инфракрасных волн, которые излучаются при сжатии газообразного водорода. После этого были проведены сравнительные анализы полученных результатов с результатами астрономических

наблюдений и результатами известными из термодинамики. Оба сравнительных анализа показали **полное совпадение** результатов.

В этом исследовании представлено **5 физико-математических доказательств** присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода. Кроме всего вышеперечисленного были получены другие научные результаты.

Ключевые слова. Круговая электромагнитная волна в атоме, уровни энергии атома водорода, инфракрасное излучение, фотон, стационарная орбита, постулаты Бора, ИК – астрономия.

2. Методы.

2.1. Согласно законам классической электродинамики, вращающийся по орбите электрон, представляет собой высокочастотный переменный ток, который порождает переменное магнитное поле. Следовательно, **должна возникнуть электромагнитная волна, которая будет уносить энергию во внешнее пространство.** В результате электрон должен непрерывно уменьшать свою орбиту и в конечном счете упасть на ядро. При этом спектр излучения должен быть не дискретным, а сплошным, что на практике не наблюдается. Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний) разрешил это противоречие. Этот постулат устанавливает, что существуют стационарные состояния электрона в атоме, находясь в которых, электрон не излучает энергию.

Это исследование базируется на том, что в атоме действительно возникает (как устанавливает классическая электродинамика, см. выше) электромагнитная волна. **Но круговая электромагнитная волна не уносит энергию из атома, потому что, подобно стоячим электромагнитным волнам, является замкнутой в атоме волной. Эта электромагнитная волна, поочередно «отражаясь» от электрона и протона, распространяется по кругу в пределах орбиты электрона.** При этом образуется виртуальный фронт круговой электромагнитной волны, ширина которого равна радиусу орбиты электрона. Этот фронт движется с угловой скоростью, которая равна угловой скорости электрона:

$$\omega_{\gamma} = \omega_e \quad (2-1)$$

Отметим, что круговую внутриатомную электромагнитную волну можно одновременно рассматривать, как **внутриатомный фотон.** Поэтому **поочередное «отражение»** круговой электромагнитной волны от электрона и протона можно рассматривать, как **постоянный обмен фотоном γ между**

электроном и протоном. На рисунке 1 схематично показаны физические процессы, которые происходят при движении электрона со скоростью v по нижней стационарной орбите атома водорода. Когда электрон находится в положении 1, электромагнитная волна (внутриатомный фотон) отправляется к протону. Когда электромагнитная волна достигает протона, она «отражается» от него и отправляется обратно к электрону. Когда электрон находится в положении 2, электромагнитная волна (внутриатомный фотон) снова встречается с электроном. Таким образом этот процесс продолжается дальше по кругу.

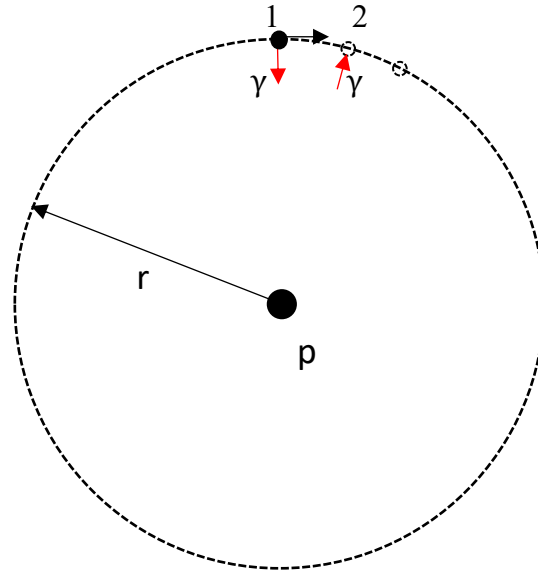


Рис.1

Общее расстояние S_γ , которое проходит круговая электромагнитная волна за один период обращения электрона вокруг протона определяется по следующей формуле:

$$S_\gamma = c_a \cdot T_e \quad (2-2)$$

где c_a – скорость распространения электромагнитной волны в атоме водорода, м/с.

T_e – период обращения электрона на первой орбите, с.

Период обращения электрона на первой стационарной орбите атома водорода определяется по формуле:

$$T_e = \frac{2\pi r}{v} \quad (2-3)$$

где v - скорость движения электрона на первой стационарной орбите, м/с, r – радиус первой стационарной орбиты, м.

Теперь напомним известные из квантовой механики формулы:

$$v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m r}} \quad (2-4), \quad r = \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2} \quad (2-5)$$

Подставим в эти формулы $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34}$ Дж · с, $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19}$ Кл, $\epsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12}$ Ф · м, $m = 9,109383702 \cdot 10^{-31}$ кг). В результате получим: $v = 2,187691262 \cdot 10^6$ м/с, $r = 5,291772113 \cdot 10^{-11}$ м.

Количество k проходов круговой электромагнитной волны между электроном и протоном за один период обращения электрона на первой орбите определяется по формуле:

$$k = \frac{S_y}{r} \quad \text{где } r \text{ – радиус орбиты.} \quad (2-6)$$

(Заметим, что одному проходу фотона соответствует радиус орбиты электрона). С учётом значения S_y (2-2) получим следующую формулу:

$$k = \frac{c_a \cdot T_e}{r} \quad (2-7)$$

После получения этой формулы переходим к ключевому моменту исследования:

Причиной существования стационарных орбит в атоме является синхронность распространения круговой электромагнитной волны и обращения электрона вокруг протона. Эта синхронность заключается в целом числе проходов круговой электромагнитной волны между протоном и электроном за один период (периоды) обращения электрона.

В математическом виде эта синхронность выражается в полученной формуле 2-7, где значение k является **целым** числом:

$$k = \frac{c_a \cdot T_e}{r} \quad \text{где } k \text{ – целое число.} \quad (2-8)$$

Упростим эту формулу. Для этого подставим в формулу значение $T_e = \frac{2\pi r}{v}$ (2-3). В результате получим следующую формулу:

$$k = \frac{2\pi c_a}{v} \quad \text{где } k \text{ – целое число.} \quad (2-9)$$

В дальнейшем исследовании будем называть причину существования стационарных орбит **правилом синхронности**. Правило синхронности обеспечивает постоянное «отражение» внутриатомной электромагнитной волны от движущегося по орбите электрона. Это «отражение» не позволяет

круговой электромагнитной волне вырваться за пределы стационарной орбиты.

Проверим действие правила синхронности через применение формулы 2-9 к первой стационарной орбите. Подставим в эту формулу известное значение скорости распространения света **в вакууме** $2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ и $v = 2,187691262 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ (2-4). В результате получим значение k для первой стационарной орбиты электрона:

$$k = 861,022576644 \quad (2-10)$$

Отличие между целым значением $k = 861$ и значением k (2-10) составляет $\Delta = 0,022576644$. Если исключить возможные погрешности измерений физических величин, входящих в значение v (2-4), то причиной расхождения является то, что **процесс распространение круговой электромагнитной волны происходит не в вакууме, а в иной, чуть более плотной среде внутри атома**. Это обстоятельство на чрезвычайно малую величину снижает скорость распространения электромагнитной волны в атоме водорода по сравнению со скоростью распространения света в вакууме. В результате скорость распространения электромагнитной волны в атоме водорода составляет:

$$c_a = c \frac{861}{861,022576644} = 2,99784597 \cdot 10^8 \text{ м/с} \quad (2-11)$$

где c_a - скорость распространения электромагнитной волны в атоме водорода. c

c – скорость света в вакууме, $2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Если сейчас подставить значение c_a в формулу 2-9, то получим целое число проходов круговой электромагнитной волны в пределах первой орбиты электрона в атоме водорода:

$$k = \frac{2\pi c_a}{v} = \boxed{861} \quad (2-12)$$

Отметим, что разница между скоростью c_a и скоростью света в вакууме чрезвычайно мала и составляет 7861 м/с или $7,8 \text{ км/с}$. Это даже меньше скорости вывода спутника на орбиту Земли: $7,91 \text{ км/с}$. Для сравнения: разница между скоростью распространения света в вакууме и скоростью распространения света в воздухе составляет 90 км/с .

Относительное отклонение значения c_a от значения c составляет **0,0026 %**. Обычно такая ничтожно малая разница в расчётах не учитывается. Но в

этом исследовании она будет учитываться, потому что необходимо получить **максимально точные** результаты в дальнейшем исследовании.

Дальше перейдём к определению параметров круговой электромагнитной волны в пределах первой стационарной орбиты. Вначале дадим определение периода T_γ этой волны:

Период круговой электромагнитной волны, распространяющейся в пределах первой стационарной орбиты, является полным, когда после целого количества обращений электрона вокруг протона круговая электромагнитная волна (внутриатомный фотон) снова встретится с электроном в точке начала отсчёта движения электрона (точка 1, рис. 3).

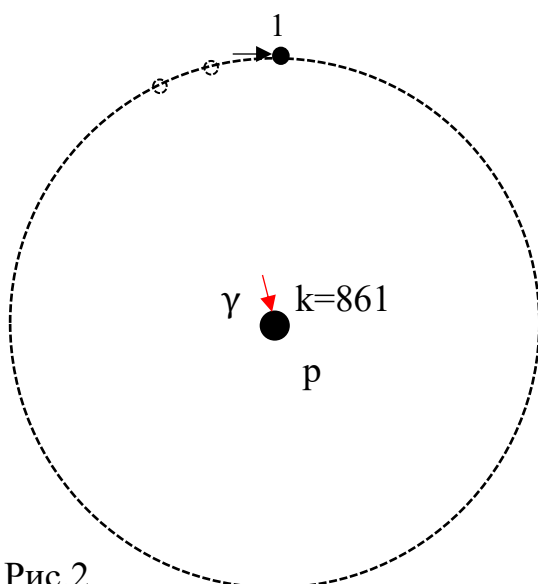


Рис.2

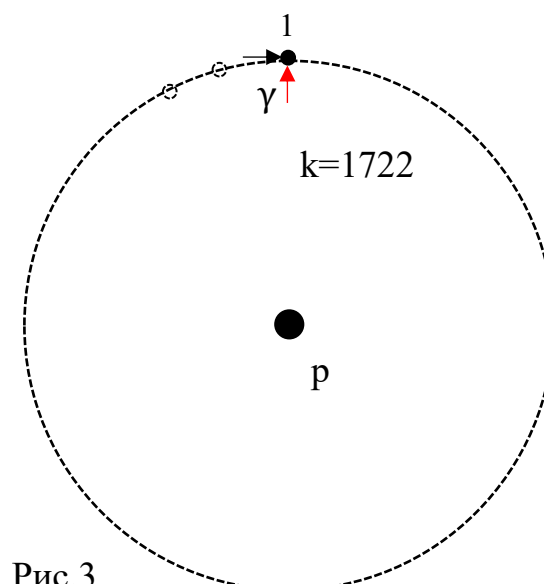


Рис.3

Прежде чем перейти к рисунку 3, рассмотрим рисунок 2. На этом рисунке электрон совершил **одно обращение** вокруг протона и оказался в точке начала отсчёта движения электрона (точка 1). При этом круговая электромагнитная волна (внутриатомный фотон) совершила **861** проход между протоном и движущимся по орбите электроном. Отметим, что число **861** является **нечётным** числом. Исходя из свойств целых чисел, **нечётное число k** свидетельствует о том, что круговая электромагнитная волна (внутриатомный фотон) после одного обращения электрона **не вернулась в точку начала отсчёта движения электрона (точка 1), а встретила с протоном в центре атома** (см. рис.2).

Как было отмечено выше, полный цикл круговой электромагнитной волны происходит, когда электрон и фотон снова встретятся в точке начала

отсчёта движения 1. Поэтому на рисунке 2 мы имеем **неполный цикл** внутриатомной круговой электромагнитной волны (1/2 цикла волны).

Теперь рассмотрим рисунок 3. На рисунке 3 показан момент, когда электрон совершил **второе обращение** вокруг протона. При этом общее количество проходов фотона между протоном и электроном **удвоилось** и составило **чётное** значение:

$$\boxed{k = 1722} \quad \text{или} \quad \boxed{k = \frac{4\pi c_a}{v}} \quad (2-13)$$

Чётное число $k = 1722$ свидетельствует о том, что после двух обращений электрона вокруг протона, круговая электромагнитная волна и электрон **снова встретились в точке начала отсчёта движения электрона** (точка 1). Поэтому на рисунке 3, где электрон совершил **два** обращения вокруг протона, наблюдается **полный цикл** круговой электромагнитной волны, который составляет **1 (одну) волну**.

Из вышеизложенного следует, что в пределах первой стационарной орбиты один период круговой электромагнитной волны равен двум периодам обращения электрона:

$$\boxed{T_\gamma = 2 T_e} \quad (2-14)$$

Подставим в эту формулу $T_e = \frac{2\pi r}{v}$ (2-3). В результате получим:

$$T_\gamma = \frac{4\pi r}{v} = 3,039659697 \cdot 10^{-16} \text{с} \quad (2-15)$$

где $v = 2,187691262 \cdot 10^6 \text{м/с}$, $r = 5,291772113 \cdot 10^{-11} \text{м}$.

Длина круговой электромагнитной волны, которая распространяется в пределах стационарной орбиты, определяется по формуле:

$$\lambda = c_a \cdot T_\gamma \quad (2-16)$$

Подставим в эту формулу T_γ (2-15) и $c_a = 2,99784597 \cdot 10^8 \text{м/с}$ (2-11). В результате получим длину круговой электромагнитной волны в пределах первой стационарной орбиты электрона:

$$\boxed{\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{м}} \quad (2-17)$$

Частота этой круговой электромагнитной волны определяется по классической формуле скорости распространения волны: $v = \lambda \nu$. С учётом того, что $v = c_a$, $\lambda = \lambda_1$, получим: $\nu_1 = \frac{c_a}{\lambda_1}$. С учётом значений λ_1 и c_a получим:

$$\nu_1 = 3,289841955 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1} \quad (2-18)$$

Применим известную формулу $E = h\nu$ (где $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34}$ Дж · с) и получим значение энергии круговой электромагнитной волны в пределах первой стационарной орбиты:

$$e_1 = 2,179872358 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} \text{ или } e_1 = 13,605693104 \text{ эВ} \quad (2-19)$$

Круговая электромагнитная волна распространяется внутри атома водорода. Поэтому энергию закрытой в атоме электромагнитной волны следует отнести к **потенциальной энергии**. Вследствие этого обстоятельства энергия e_1 будет иметь **отрицательное** значение:

$$e_1 = - 13,605693104 \text{ эВ} \quad (2-20)$$

Как видим, энергия круговой электромагнитной волны, распространяющейся в пределах первой орбиты электрона, оказалась **равна** первому уровню энергии атома водорода, где $E = -13,6$ эВ. Это можно объяснить тем, что **E_1 и e_1 – это разные названия одной энергии**.

Необходимо подчеркнуть, что в отличие от модели атома Бора, значение энергии $e_1 = - 13,6$ эВ, было получено **без применения** формулы кинетической энергии электрона и формулы потенциальной энергии взаимодействия двух элементарных зарядов. Как известно, в модели атома водорода Бора сумма этих двух энергий составляет **полную энергию электрона** (уровень энергии атома водорода) и равна $E_1 = -\frac{1}{2} m v_1^2$. На основе совпадения $E_1 = e_1$ следует:

$$e_1 = -\frac{1}{2} m v_1^2 \quad (2-21)$$

2.2. Перейдём к следующему пункту исследования. **Правило синхронности является фактором, который определяет длину, частоту и энергию круговых электромагнитных волн в пределах всех стационарных орбит атома, а не только первой орбиты.**

Для доказательства этого утверждения вначале выразим длину круговой электромагнитной волны через следующую формулу:

$$\lambda = \beta \lambda_1 \quad (2-22)$$

где λ – длина круговой электромагнитной волны, распространяющейся внутри стационарной орбиты, м.

λ_1 – длина круговой электромагнитной волны, распространяющейся внутри первой стационарной орбиты, $\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}$
 β – значение кратности длины волны.

В этом исследовании было доказано, что энергия круговой электромагнитной волны, распространяющейся в пределах первой стационарной орбиты равна полной энергии электрона (2-21) на первой орбите (первому уровню энергии атома водорода). На основании этого равенства получим уравнение:

$$-h\nu_1 = -\frac{1}{2} m v_1^2 \quad (2-23)$$

Распространим это уравнение на все стационарные орбиты электрона в атоме водорода. Для этого применим $\nu = \frac{c_a}{\lambda}$ и 2-23. В результате получим:

$$\frac{h c_a}{\lambda} = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{или} \quad \frac{h c_a}{\beta \lambda_1} = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2-24)$$

Отсюда получим формулу скорости электрона на стационарной орбите:

$$v = \sqrt{\frac{2h c_a}{\beta \lambda_1 m}} \quad (2-25)$$

Дальше к формуле 2-25 применим формулу $k = \frac{4\pi c_a}{v}$ (2-13). В результате получим уравнение:

$$\frac{4\pi c_a}{k} = \sqrt{\frac{2h c_a}{\beta \lambda_1 m}} \quad (2-26)$$

Решим это уравнение и получим: $k = \sqrt{\frac{8\pi^2 c_a m \beta \lambda_1}{h}} \quad (2-27)$

Преобразуем эту формулу в следующий вид:

$$k = \sqrt{\beta} \sqrt{\frac{8\pi^2 c_a m \lambda_1}{h}} \quad (2-28)$$

В этой формуле $\sqrt{\beta}$ является переменным множителем. Второй множитель является постоянным множителем и имеет следующую величину:

$$\sqrt{\frac{8\pi^2 c_a m \lambda_1}{h}} = 1722 \quad (2-29)$$

где $\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, $c_a = 2,99784597 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ (2-11),
 $m = 9,109383702 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Как видим, 2-29 имеет ту же величину, что $k = 1722$ (2-12). Поэтому получим следующую формулу:

$$k = \sqrt{\beta} k_1 \quad \text{где } k_1 = 1722 \quad (2-30)$$

Согласно правилу синхронности, значение k для стационарных орбит электрона является **целым** числом. Учитывая это обстоятельство, а также тот факт, что значение k_1 **тоже является целым** числом 1722, следует вывод, что значение $\sqrt{\beta}$ **тоже должно быть целым** числом. С позиций математики **целое** значение $\sqrt{\beta}$ в натуральном ряде чисел возможно только для выделенных жирным шрифтом чисел:

$$\beta = \mathbf{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25} \dots \quad (2-31)$$

(Попутно отметим, что значения $\sqrt{\beta}$ для чисел, которые находятся между выделенными жирным шрифтом числами, всегда будут иметь **дробные** значения. Поэтому в этих случаях значения k в формуле 2-30 тоже будут **дробными** числами. Вследствие этого обстоятельства на промежуточных орбитах будет отсутствовать необходимая для стационарных орбит синхронность. **Поэтому промежуточных стационарных орбит не может быть в принципе**).

На основании 2-31 формула 2-30 примет следующий вид:

$$\lambda = \beta \lambda_1 \quad \beta = \mathbf{1,4,9,25,36} \dots \quad (2-32)$$

где $\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}$

Согласно этой формуле, в пределах стационарных орбит электрона ($n=1,2,3,4 \dots$) длина круговой электромагнитной волны составит:

$$\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}, \lambda_2 = 3,644972629 \cdot 10^{-7} \text{ м}, \lambda_3 = 8,201188416 \cdot 10^{-7} \text{ м}, \lambda_4 = 1,457989052 \cdot 10^{-6} \text{ м} \quad (2-33)$$

В пределах стационарных орбит электрона частота круговой электромагнитной волны определяется по следующей формуле:

$$\nu = \frac{c_a}{\beta \lambda_1} \quad \beta = \mathbf{1,4,9,25,36} \dots \quad (2-34)$$

$$\text{В результате получим: } \nu_1 = 3,289841955 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}, \nu_2 = 8,224604888 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}, \nu_3 = 3,65537995 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}, \nu_4 = 2,056151222 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1} \dots \quad (2-35)$$

В пределах стационарных орбит электрона значение энергии круговой электромагнитной волны определяется по следующей формуле:

$$e = -\frac{1}{\beta} h\nu_1 \quad \beta = 1,4,9,25,36\dots \quad (2-36)$$

где $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34}$ Дж · с

В результате получим: $e_1 = -13,605693104$ эВ, $e_2 = -3,401423276$ эВ, $e_4 = -1,511743678$ эВ, $e_4 = -0,850355819$ эВ... (2-37)

Как видим, значения энергии внутриатомной круговой электромагнитной волны **равны** уровням энергии E_n атома водорода. Это можно объяснить тем, что **E_n и e_n – это разные названия одной энергии.**

Также на основании полученных результатов можно сделать вывод:

$$\beta = n^2 \quad (2-38)$$

где n – главные квантовые числа $n = 1,2,3,4,5\dots$

2.3. Перейдём к следующему пункту исследования. **Излучение (поглощение) фотона атомом водорода происходит при изменении радиуса стационарной орбиты электрона и определяется как разность между значениями энергии круговой электромагнитной волны.** В виде формулы это выглядит так:

$$e_\gamma = e_k - e_n \quad (2-39)$$

где e_γ – энергия излучённого (поглощённого) атомом фотона.

e_n и e_k – значения энергии круговой внутриатомной волны, распространяющейся в пределах стационарных орбит.

Вначале рассмотрим, как происходит процесс поглощения фотона атомом водорода. При поглощении атомом фотона происходит мгновенное увеличение энергии круговой внутриатомной электромагнитной волны за счёт энергии поглощённого фотона. Увеличение энергии круговой волны приводит к увеличению её импульсного воздействия на движущийся по орбите электрон. В результате происходит скачкообразный переход электрона на вышестоящую стационарную орбиту, где действует правило синхронности.

Теперь рассмотрим процесс излучения фотона. Излучение фотона происходит, когда в результате воздействия внешних факторов на атом **нарушается синхронность** между скоростью распространения круговой электромагнитной волны и скоростью обращения электрона. (Отметим, что нарушение синхронности происходит даже при незначительном уменьшении скорости электрона, например, при снижении внешней температуры).

Вследствие этого нарушения круговая электромагнитная волна не может, как прежде, синхронно «отражаться» от электрона, **и часть энергии электромагнитной волны покидает атом в виде фотона (2-39)**. В результате мгновенного ослабления импульсного воздействия электрон «прыгает» на нижестоящую стационарную орбиту, где действует правило синхронности. Таким образом, **излучение атомом фотона приводит к ослаблению воздействия круговой электромагнитной волны на электрон, а это, в свою очередь, приводит к переходу электрона на нижестоящую орбиту**. Так выглядит причинно-следственная связь между излучением фотона и переходом электрона на нижестоящую орбиту.

2.4. Следующий пункт базируется на полученных в исследовании результатах и выражается следующей формулировкой:

Возможность атома водорода излучать фотон зависит от математической разности между частотой круговой электромагнитной волны и частотой обращения электрона на стационарной орбите.

Вышеизложенное назовём **правилом двух частот** и выразим через следующее уравнение:

$$\boxed{\nu \geq \nu_e} \quad (2-40)$$

где ν – частота круговой электромагнитной волны в пределах стационарной орбиты, с^{-1} .

ν_e – частота обращения электрона на этой стационарной орбите с^{-1} .

Приведём доказательство 2-40.

Рассмотрим левую часть уравнения 2-40. Согласно $\beta = n^2$ (2-38), частоту круговой электромагнитной волны можно выразить через следующую формулу:

$$\nu = \frac{1}{n^2} \nu_1 \quad (2-41)$$

где n – порядковый номер орбиты электрона, ν_1 – частота круговой электромагнитной волны в пределах первой орбиты электрона.

Рассмотрим правую часть уравнения 2-40. Частота обращения электрона на орбите в атоме водорода определяется по формуле:

$$\nu_e = \frac{v}{2\pi r} \quad (2-42)$$

где v – скорость электрона, r – радиус орбиты электрона.

С учётом того, что $v = \frac{1}{n} v_1$, $r = n^2 r_1$ частота обращения электрона составит:

$$v_e = \frac{v_1}{n^3 2\pi r_1} \quad (2-43)$$

На основании 2-40, 2-41, 2-43 получим следующее уравнение:

$$\frac{1}{n^2} v_1 \geq \frac{1}{n^3} \frac{v_1}{2\pi r_1} \quad (2-44)$$

Решим 2-44 и получим: $n \geq \frac{v_1}{2\pi r_1 v_1} \quad (2-45)$

Подставим в 2-45 значения: $v_1 = 2,187691262 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ (2-4), $r_1 = 5,291772113 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ (2-5), $v_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ (2-18). В результате получим:

$$\boxed{n \geq 2} \quad (2-46)$$

Согласно полученному результату, **атом водорода может излучать фотон, когда электрон находится на 2-й стационарной орбите и выше: $n = 2,3,4,5, \dots$** Такие состояния атома в квантовой механике называются **возбуждёнными состояниями**.

Правило двух частот исключает возможность излучения фотона, когда электрон находится на первой стационарной орбите. В квантовой механике такое состояние атома называется **нормальным состоянием**.

Приведём доказательство этого утверждения. Для этого подставим в уравнение 2-45 значение $n = 1$. В результате получим:

$$\boxed{v < v_e} \quad (2-47)$$

где $v_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, $v_e = 6,579683910 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$

Как видим, в отличие от $v \geq v_e$ (2-40), в уравнении 2-47 ситуация прямо противоположная: **$v < v_e$ в 2 раза.**

Поэтому если в результате внешнего воздействия произойдёт нарушение синхронности (стр. 12), то внутриатомная электромагнитная волна не сможет пройти через фильтр более высокой, чем у волны, частоты обращения электрона. По этой причине, когда электрон находится на первой стационарной орбите, излучение фотона невозможно в случае нарушения синхронности. В этом состоит главное отличие первой стационарной орбиты от других стационарных орбит, потому что на этих орбитах в случае нарушения синхронности часть энергии круговой электромагнитной волны «вырывается» из атома в виде фотона (см.

стр. 13). (Отметим, что при гравитационном (или ином) сжатии газообразного водорода атом может испускать фотоны, когда электрон находится на первой орбите. Об этом в следующем подразделе исследования).

2.5. При гравитационном (или ином) внешнем сжатии газообразного водорода атомы водорода испускают электромагнитные волны (фотоны) инфракрасного диапазона.

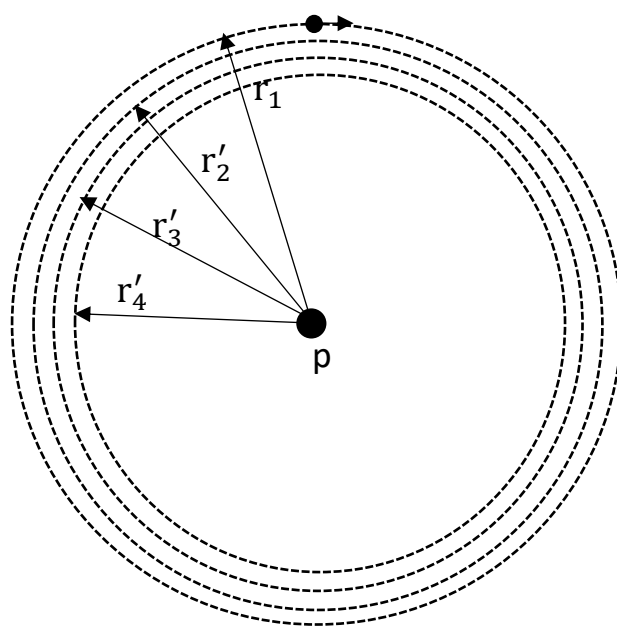


Рис. 4

Для начала доказательства этого утверждения обратимся к рисунку 4. На этом рисунке **схематично** показан процесс гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода, атомы которого первоначально находились в **нормальном** состоянии. Напомним, что нормальному состоянию атома водорода соответствует радиус первой орбиты $r_1 = 5,291772113 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ (2-5). Как видно из рисунка, в процессе гравитационного (или иного) сжатия атомов водорода радиус орбиты электрона последовательно уменьшается: $r_1, r'_2, r'_3, r'_4, \dots$. Вместе с уменьшением радиуса орбиты будет происходить уменьшение величины k (см. 2-13). Это уменьшение будет происходить в **дискретном** порядке, который состоит из ряда последовательно уменьшающихся **чётных** чисел:

$$k = 1722, 1720, 1718, 1716 \dots \quad (2-48)$$

Такая последовательность чисел объясняется тем, что с **математических позиций только чётный порядок значений k**

обеспечивает повторную «встречу» круговой электромагнитной волны и электрона в точке начала отсчёта движения электрона после периода этой волны (см. определение периода внутриатомной круговой электромагнитной волны, стр. 7).

Теперь можно перейти к определению параметров инфракрасного излучения. Для этого необходимо предварительно определить энергию круговых электромагнитных волн, которые возникают внутри последовательно уменьшающихся стационарных орбит электрона (см. рис.4) Для этой цели воспользуемся формулой $k = \frac{4\pi c_a}{v}$ 2-13 и преобразуем её в следующий вид:

$$v = \frac{4\pi c_a}{k} \quad (2-49)$$

Центростремительной силой, удерживающей электрон в атоме водорода, является кулоновская сила притяжения ядра (протона) и электрона. На этом основании получим уравнение:

$$\frac{m v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2-50)$$

Отсюда следует, что $r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m v^2}$. Подставим в 2-50 значение v (2-49).

В результате получим следующую формулу:

$$r = \frac{k^2 e^2}{64 \pi^3 \epsilon_0 m c_a^2} \quad \text{где } k = 1722, 1720, 1718, 1716... \quad (2-51)$$

Подставим в 2-51 значения k и значения $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19}$ Кл, $\epsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12}$ Ф · м, $m = 9,109383702 \cdot 10^{-31}$ кг, $c_a = 2,99784597 \cdot 10^8$ м/с. В результате получим радиусы стационарных орбит электрона, которые возникают в процессе гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода:

$$r_1 = 5,291772113 \cdot 10^{-11} \text{ м}, r'_2 = 5,279487105 \cdot 10^{-11} \text{ м}, r'_3 = 5,267216366 \cdot 10^{-11} \text{ м}, r'_4 = 5,254959904 \cdot 10^{-11} \text{ м} \dots \quad (2-52)$$

Длина круговой электромагнитной волны, которая возникает в процессе гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода определяется по формуле:

$$\lambda = k r \quad (2-53)$$

Подставим в 2-53 значение r (2-51) и получим следующую формулу:

$$\lambda = \frac{k^3 e^2}{64 \pi^3 \epsilon_0 m c_a^2} \quad \text{где } k = 1722, 1720, 1718, 1716 \dots \quad (2-54)$$

Применим значения k и получим значения длины круговой электромагнитной волны в результате гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода:

$$\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}, \lambda'_2 = 9,08071782 \cdot 10^{-8} \text{ м}, \lambda'_3 = 9,049077717 \cdot 10^{-8} \text{ м}, \lambda'_4 = 9,017511196 \cdot 10^{-8} \text{ м} \dots \quad (2-55)$$

Частота внутриатомных круговых электромагнитных волн, которые возникают при гравитационном (или ином) сжатии газообразного водорода, определяется на основе классической формулы скорости распространения волны: $v = v \lambda$, где $v = c_a$. Отсюда следует: $v = \frac{c_a}{\lambda}$. Подставим в эту формулу полученные выше значения λ'_n и $c_a = 2,99784597 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ (2-11):

$$v_1 = 3,289841955 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}, v'_2 = 3,301331491 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}, v'_3 = 3,312874598 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}, v'_4 = 3,324471581 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1} \dots \quad (2-56)$$

Энергия e'_n внутриатомных круговых электромагнитных волн, которые возникают при гравитационном (или ином) сжатии газообразного водорода, определяется по формуле $E = h\nu$ (где $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$). В результате получим следующие значения e'_n :

$$e_1 = -13,605693104 \text{ эВ}, e'_2 = -13,653210004 \text{ эВ}, e'_3 = -13,700948459 \text{ эВ}, e'_4 = -13,748909727 \text{ эВ} \dots \quad (2-57)$$

После получения значений e'_n перейдём к определению энергии фотонов, которые излучают атомы при гравитационном (или ином) сжатии газообразного водорода. Для этого произведём расчёты по формуле $e_\gamma = e_k - e_n$ (2-39). В результате получим следующие значения энергии излучаемых фотонов:

$$e_{\gamma 1} = 0,0475169 \text{ эВ}, e_{\gamma 2} = 0,047738455 \text{ эВ}, e_{\gamma 3} = 0,047961268 \text{ эВ} \dots \quad (2-58)$$

На основе значений энергии (2-58) определим длину электромагнитных волн, которые излучают атомы при гравитационном (или ином) сжатии газообразного водорода. Для этого используем формулу $\lambda = \frac{h c}{e_\gamma}$, где c – скорость распространения света **в вакууме** $2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. В результате получим следующие значения длин волн:

$2,609265302 \cdot 10^{-5} \text{ м}, 2,597155656 \cdot 10^{-5} \text{ м}, 2,585090086 \cdot 10^{-5} \text{ м} \dots$

26,09 мкм, 25,97 мкм, 25,85 мкм ... (2-59)

Как видим, эти длины волн относятся к **инфракрасному** диапазону электромагнитных волн. В разделе «Результаты» проведены сравнительные анализы между полученными результатами 2-58, 2-59 и результатами астрономических наблюдений, а также результатами известными из классической физики (термодинамики).

3. Результаты.

Главным результатом этого исследования является доказательство присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода. Эта волна является основной причиной существования стационарных орбит. В исследовании для определения параметров этой волны и размеров стационарных орбит была использована **синхронность распространения внутриатомной круговой электромагнитной волны и обращения электрона вокруг протона.** Эта синхронность заключается в целом числе проходов круговой электромагнитной волны между протоном и электроном за период (периоды) обращения электрона (**правило синхронности**). При соблюдении этого правила круговая электромагнитная волна, подобно стоячим электромагнитным волнам, **не излучается во внешнее пространство, а остаётся внутри атома.**

Опираясь на правило синхронности, была определена скорость распространения круговой электромагнитной волны в атоме водорода: $c_a = 2,99784597 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ (2-1). Как видим, относительное отклонение значения c_a от значения скорости распространения света в вакууме, где $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$, чрезвычайно мало: **0,0026 %**.

В исследовании был определен период круговой электромагнитной волны, которая распространяется в пределах первой стационарной орбиты электрона. Период этой волны составил $T_\gamma = 3,039659697 \cdot 10^{-16} \text{ с}$ (2-15). (Метод определения значения T_γ изложен на 7-8 стр. и содержит рисунки, формулы и элементы математического анализа). Через полученное значение T_γ были определены параметры круговой электромагнитной волны: длина $\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ (2-17), частота $\nu_1 = 3,289841955 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ (2-18), энергия $e_1 = -13,605693104 \text{ эВ}$ (2-20)

Как видим, в пределах первой орбиты электрона энергия круговой электромагнитной волны оказалась **равна** первому уровню энергии атома водорода, где $E_1 = -13,6 \text{ эВ}$. Это можно объяснить тем, что **E_1 и e_1 – это**

разные названия одной энергии. Необходимо отметить, что значение $e_1 = -13,6$ эВ было получено **без применения** формулы кинетической энергии электрона и формулы потенциальной энергии взаимодействия двух элементарных зарядов. В модели атома водорода Бора через эти две формулы определяется полная энергия электрона на первой орбите (первый уровень энергии атома водорода), где $E = -13,6$ эВ.

Результат $e_1 = -13,6$ эВ следует рассматривать, как первое доказательство присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.

В этом исследовании через применение правила синхронности была получена формула 2-32 для определения длины круговой электромагнитной волны, распространяющейся в пределах стационарных орбит. В основе этой формулы находится кратность длины круговой электромагнитной волны, которая в процессе проведения исследования составила: $\beta = 1,4,9,25,36...$ (2-31). (Метод определения значений β приводится на 9-11 стр. и включает в себя физические формулы и элементы математического анализа). На основе формулы 2-32 были получены формулы для определения частоты 2-34 и энергии 2-36 круговой электромагнитной волны в пределах стационарных орбит электрона в атоме водорода. В результате применения формулы 2-36 энергия круговой электромагнитной волны в пределах стационарных орбит составила: $e_1 = -13,605693104$ эВ, $e_2 = -3,401423276$ эВ, $e_4 = -1,511743678$ эВ, $e_4 = -0,850355819$ эВ ... (2-37). Как видим, энергия внутриатомной круговой электромагнитной волны имеет значения, которые равны уровням энергии E_n атома водорода. Это можно объяснить тем, что E_n и e_n – это **разные названия одной энергии.**

Это совпадение необходимо трактовать, как второе доказательство присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода. Надо подчеркнуть, что результат 2-37 был получен **без применения главных квантовых чисел (1,2,3,4...)**. Соотношение между главными квантовыми числами и значениями кратности β выражается формулой 2-38.

3. В этом исследовании была получена формула 2-39 для определения энергии излучённого (поглощённого) фотона атомом водорода. На 12-13 стр. представлена последовательность физических процессов, связанных с излучением (поглощением) фотона. **Отдельным научным результатом здесь следует считать раскрытие причинно-следственной связи между излучением фотона и переходом электрона на нижестоящую орбиту (стр. 13).** В сокращённом виде эта причинно-следственная связь состоит в следующем: **излучение атомом фотона приводит к ослаблению**

воздействия круговой электромагнитной волны на электрон, а это, в свою очередь, приводит к переходу электрона на нижестоящую орбиту. (В третьем постулате Бора причинно-следственная связь между излучением фотона и переходом электрона на нижестоящую орбиту имеет обратный характер).

4. Анализ полученных в исследовании результатов позволил получить **правило двух частот** (стр.13). Правило двух частот базируется на математической разности между частотой круговой электромагнитной волны и частотой обращения электрона. На основе этого правила были получены формулы, которые определяют возбуждённое и нормальное состояние атома водорода (2-40, 2-47). К значительному результату, который был получен через применение правила двух частот, следует отнести физико-математическое доказательство (стр. 14) невозможности атома водорода излучать фотон, когда атом находится в нормальном состоянии. **Это доказательство следует считать третьим подтверждением присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.**

5. В этом исследовании была получена физическая формула 2-51. По этой формуле были определены радиусы стационарных орбит электрона, которые образуются в результате гравитационного (или иного) внешнего сжатия газообразного водорода: $r_1 = 5,291772113 \cdot 10^{-11} \text{ м}$, $r'_2 = 5,279487105 \cdot 10^{-11} \text{ м}$, $r'_3 = 5,267216366 \cdot 10^{-11} \text{ м}$, $r'_4 = 5,254959904 \cdot 10^{-11} \text{ м} \dots$ (2-52). Как видим, радиусы орбит отличаются между собой очень незначительно (**0,23%**). Также была получена физическая формула 2-54. По этой формуле были определены длины круговых электромагнитных волн, которые образуются в атоме в результате гравитационного (или иного) сжатия водорода. (Метод получения формул 2-52, 2-54 приведён на 15-17 стр. и включает в себя рисунок 4).

По формуле 2-54 были определены длины внутриатомных круговых электромагнитных волн, которые образуются в результате гравитационного (или иного) сжатия газообразного водорода: $\lambda_1 = 9,112431573 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, $\lambda'_2 = 9,08071782 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, $\lambda'_3 = 9,049077717 \cdot 10^{-8} \text{ м}$, $\lambda'_4 = 9,017511196 \cdot 10^{-8} \text{ м} \dots$ (2-55)

На основе значений 2-55 были определены частота 2-56 и энергия этих электромагнитных волн: $e_1 = -13,605693104 \text{ эВ}$, $e'_2 = -13,653210004 \text{ эВ}$, $e'_3 = -13,700948459 \text{ эВ}$, $e'_4 = -13,748909727 \text{ эВ} \dots$ (2-57)

Значения энергии фотонов, которые излучаются атомами при гравитационном (или ином) внешнем сжатии газообразного водорода,

определялись по формуле 2-39. В результате были получены следующие значения энергии: **0,0475169 эВ, 0,047738455 эВ, 0,047961268 эВ ... (2-58).**

На основании 2-58 была определена длина волны излучаемых атомом водорода фотонов: **26,09 мкм, 25,97 мкм, 25,85 мкм ... (2-59)**

Это инфракрасный диапазон. Как видим, соседние значения энергии и длины волны отличаются между собой очень незначительно (**0,46%**).

Дальше сравним полученные в исследовании результаты 2-59 с результатами астрономических наблюдений инфракрасного излучения в космосе с помощью ИК – астрономии <https://yagla.tv/сабаср7>

Из этих наблюдений известно, что наибольшая интенсивность инфракрасного излучения в космосе приходится на Дальний Инфракрасный (FIR) и Средний Инфракрасный (MIR) диапазоны электромагнитных волн. При этом **согласно астрономической схеме <https://yagla.tv/cjqoANa>** в сравнительно узкой области спектра **25 – 40 мкм** между FIR и MIR находится максимальная интенсивность инфракрасного излучения в космосе. Согласно наблюдениям, полученных с помощью орбитальной ИК – астрономии, электромагнитные волны такого диапазона наблюдаются при формировании звёзд, планет и галактик. Как известно из астрофизики, **формирование космических объектов (звёзд, планет, галактик) тесно связано с гравитационным сжатием больших масс газообразного водорода. При этом водород является самым распространённым атомом в космосе.** Поэтому не случайно именно в этот узкий диапазон (**25 – 40 мкм**) (не выходя за пределы 25 мкм!) попадают длины электромагнитных волн атомов водорода, которые были получены в этом исследовании: **26,09 мкм, 25,97 мкм, 25,85 мкм ... (2-59).** Это свидетельствует о полном совпадении полученных в исследовании теоретических результатов 2-59 с результатами астрономических наблюдений и является четвёртым доказательством присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.

Попутно необходимо отметить высокую точность ИК – астрономии, потому что полученные в исследовании длины волн (2-59) **не вышли за пределы диапазона 25-40 мкм** (этот диапазон, согласно астрономической схеме, соответствует максимальной интенсивности инфракрасного излучения в космосе.

Теперь проведём сравнительный анализ между полученными результатами 2-59 инфракрасного излучения атома водорода и известными результатами из термодинамики. Теоретически минимальная энергия (**эксергия**) для сжижения водорода от комнатной температуры (298 К) до 20

К при 1 бар составляет приблизительно **2,7–3,9 кВт·ч/кг (9,7–14,0 МДж/кг)**. (В реальности при сжижении водорода из-за неэффективности оборудования, затраты энергии на сжижение составляют 10–15 кВт·ч/кг). Как известно, этот рабочий процесс происходит под давлением в специальных резервуарах **с выделением образующегося тепла**. При этом орбиты атомов водорода сокращаются до радиуса, который соответствует состоянию жидкого водорода. **С позиций закона сохранения энергии работа по сокращению орбит электрона в атомах равна выделяемой атомами водорода тепловой энергии в виде теплового (инфракрасного) излучения.**

Теперь приступим к расчётам. Масса атома водорода составляет $m_a = 1,6735575 \cdot 10^{-27}$ кг. Таким образом, в 1 кг водорода находится следующее количество атомов: $k = \frac{1\text{кг}}{m_a}$. В результате получим формулу выделяемой атомом энергии E_a при переходе водорода из газа в жидкое состояние: $E_a = \frac{E}{k} = \frac{E \cdot m_a}{1 \text{ кг}}$ (3-1)

Если подставить в формулу 3-1 значение $E = 14$ МДж (см. выше), то получим: $E_a = 2,3429805 \cdot 10^{-20}$ Дж или $E_a = 0,146$ Эв (3-2)

Вернёмся к полученным в исследовании значениям энергии фотонов (2-58). Если просуммировать значения энергии первых трёх фотонов, то получим следующий результат:

$$\sum e_\gamma = e_{\gamma 1} + e_{\gamma 2} + e_{\gamma 3} = 0,143 \text{ эВ} \quad (3-3)$$

Учитывая, что значение E является приблизительным, то расхождение **0,003 Эв** между E_a и $\sum e_\gamma$ можно не учитывать и считать $\sum e_\gamma = E_a$.

Этот результат можно считать пятым доказательством присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.

Сравнительный анализ показал, что **водород превращается в жидкость при достижении электроном 4-й орбиты, где $r'_4 = 5,254959904 \cdot 10^{-11}$ м (2-52)**. Отметим, что отличие между r'_4 и радиусом первой орбиты атома водорода $r_1 = 5,291772113 \cdot 10^{-11}$ м очень мало. Поэтому обнаружить это отличие экспериментальным путём невозможно.