

**Круговая электромагнитная волна в атоме водорода.  
Правило синхронности, как причина существования  
стационарных орбит.**

**Автор Андрей Чернов**

E mail: [and8591@gmail.com](mailto:and8591@gmail.com)

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

**Содержание**

1. Аннотация – 2-3 стр.
2. Методы – 3-14 стр.
3. Результаты – 14-16 стр.

## 1. Аннотация.

Это исследование базируется на положении, что в атоме водорода присутствует круговая электромагнитная волна. Эта волна (подобно стоячим электромагнитным волнам) не уносит энергию из атома, потому что является замкнутой в атоме круговой электромагнитной волной.

В исследовании было установлено, что **причиной существования стационарных орбит в атоме водорода является синхронность распространения круговой электромагнитной волны и обращения электрона вокруг протона. Синхронность заключается в целом числе  $k$  проходов круговой электромагнитной волны между протоном и электроном за один период обращения электрона.**

Была получена формула синхронности (правило синхронности), и на её основе были определены параметры круговой электромагнитной волны, которая распространяется в пределах первой стационарной орбиты: длина волны составила  $\lambda_1 = 9,112670517 \cdot 10^{-8} \text{ м}$ , частота  $\nu_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ , энергия  $e_1 = -13,6 \text{ эВ}$ . (Методика определения параметров волны содержит рисунки, физические формулы, элементы математического анализа). Было определено время взаимодействия электромагнитной волны (фотона) с протоном, электроном ( $4,63 \cdot 10^{-24} \text{ с}$ ).

Была получена формула длины круговой электромагнитной волны в пределах всех стационарных орбит. В основе формулы находится определённая в этом исследовании кратность длины круговой электромагнитной волны:  $\beta = 1,4,9,25,36 \dots$  (Методика определения значений  $\beta = 1,4,9,25,36 \dots$  включает в себя физические формулы, элементы математического анализа). Через эту формулу была получена формула для определения значений энергии  $e_n$ , которые составили:  $e_1 = -13,6 \text{ эВ}$ ,  $e_2 = -3,4 \text{ эВ}$ ,  $e_4 = -1,51 \text{ эВ}$ ,  $e_9 = -0,85 \text{ эВ} \dots$  Как видим, энергия внутриатомной круговой электромагнитной волны имеет значения, которые равны уровням энергии  $E$  атома водорода. Это можно объяснить тем, что  **$E$  и  $e$  – это разные названия одной энергии.**

В исследовании была получена формула для определения энергии излучённого (поглощённого) фотона атомом водорода. **Отдельным научным результатом здесь следует считать раскрытие причинно-следственной связи между излучением фотона и переходом электрона на нижестоящую орбиту.**

Анализ полученных в исследовании результатов позволил получить **правило двух частот**. К значительному результату, который был получен через применение правила двух частот, следует отнести **математическое**

**доказательство невозможности атома водорода излучать фотон, когда электрон находится на первой стационарной орбите.**

**Ключевые слова.** Круговая электромагнитная волна, правило синхронности, правило двух частот, уровни энергии атома водорода, фотон, стационарная орбита, электрон.

## **2. Методы.**

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

Это исследование базируется на том, что внутри атома действительно присутствует (как устанавливает классическая электродинамика, см. выше) электромагнитная волна. **Но эта волна не уносит энергию из атома, потому что, подобно стоячим электромагнитным волнам, является замкнутой в атоме круговой электромагнитной волной. Эта волна, поочерёдно «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 **поочерёдное «отражение»** круговой электромагнитной волны от электрона и протона можно рассматривать, как **постоянный обмен фотоном  $\gamma$  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.

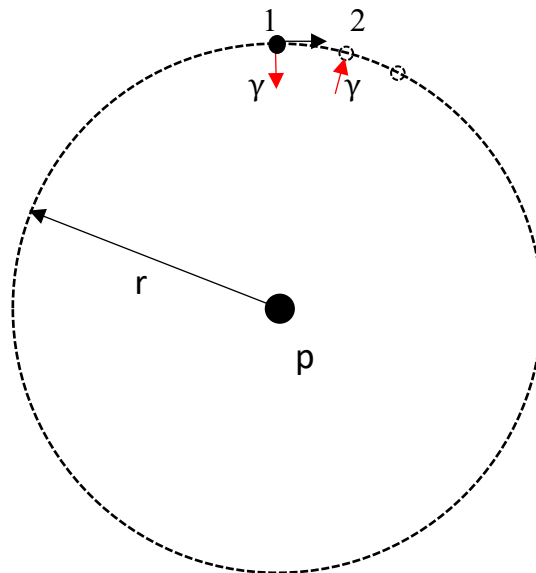


Рис.1

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.

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

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

где  $c$  – скорость распространения электромагнитной волны,  
 $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

$T_e$  – 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,  $\varepsilon_0 = 8,85418782 \cdot 10^{-12}$  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.

Получим формулу периода обращения электрона через подстановку в формулу 2-3 значений  $v$  (2-4) и  $r$  (2-5):

$$T_e = \frac{4 \varepsilon_0^2 h^3}{e^4 m} \quad (2-6)$$

В результате значение составит:  $T_e = 1,519829848 \cdot 10^{-16}$  с (2-7)

Количество  $k$  проходов круговой электромагнитной волны между электроном и протоном за один период обращения электрона на первой орбите определяется по формуле:  $k = \frac{S_y}{r}$  где  $r$  – радиус орбиты. (2-8)

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

$$k = \frac{c \cdot T_e}{r} \quad (2-9)$$

После получения формулы 2-9 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 обращения электрона.**

В математическом виде это выражается в полученной формуле 2-9, где значение  $k$  является **целым** числом:

$$\boxed{k = \frac{c \cdot T_e}{r}} \quad \text{где } k \text{ – целое число.} \quad (2-10)$$

В дальнейшем 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 электромагнитной волне вырваться за пределы стационарной орбиты.

Проверим действие правила синхронности через применение формулы 2-10 к первой стационарной орбите. Подставим в эту формулу значения  $c = 2,99792458 \cdot 10^8$  м/с,  $T_e = 1,519829848 \cdot 10^{-16}$  с (2-7),  $r = 5,291772113 \cdot$

$10^{-11}$  м (2-5). В результате получим значение  $k$  для первой стационарной орбиты электрона:

$$k = 861,0225765 \quad (2-11)$$

Отличие между целым значением  $k = 861$  и значением  $k = 861,0225765$  составляет  $\Delta k = 0,0225765$ . Отклонение  $\Delta k$  связано с тем, что процесс «отражения» электромагнитной волны от протона и электрона является контактным взаимодействием электромагнитной волны с элементарной частицей (протоном, электроном). Контактное взаимодействие занимает определённое время, вследствие чего происходит задержка «отражения» электромагнитной волны от элементарной частицы. В результате общее количество проходов круговой электромагнитной волны за один период обращения электрона вокруг протона составляет целое число:

$$\boxed{k = 861} \quad (2-12)$$

Подчеркнём, что время одного контактного взаимодействия электромагнитной волны с элементарной частицей (протоном, электроном) чрезвычайно мало и составляет:

$$t = \frac{\Delta k \cdot r}{c \cdot 861} = 4,63 \cdot 10^{-24} \text{ с} \quad (2-13)$$

**Результат 2-12 является первым подтверждением присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.**

**2.2.** После доказательства присутствия круговой электромагнитной волны в пределах первой стационарной орбиты, перейдём к определению параметров этой волны. Для этого вначале дадим определение периода  $T_\gamma$  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).**

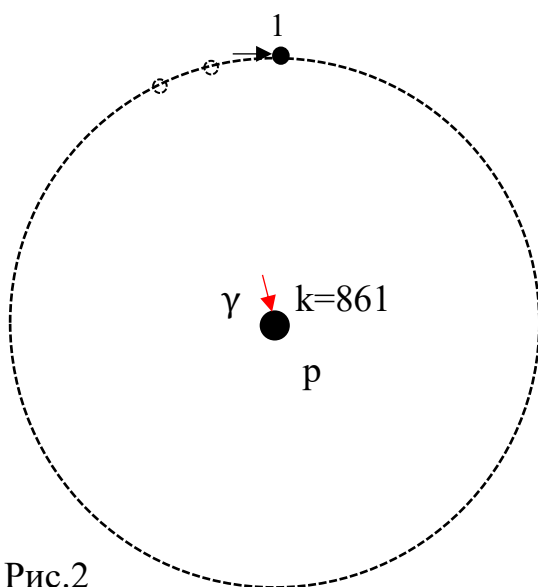


Рис.2

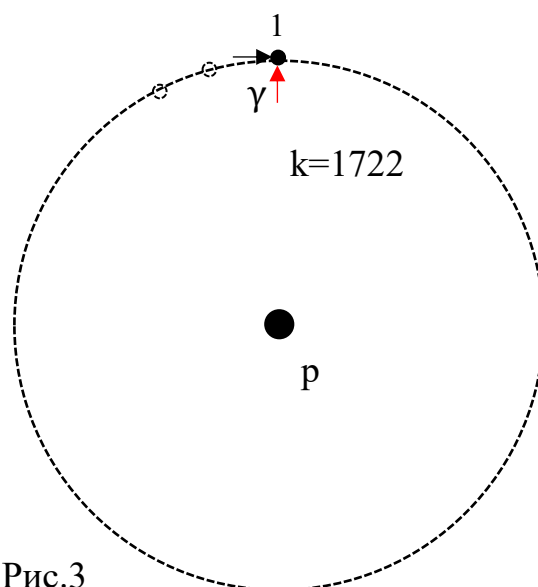


Рис.3

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:

$$k = 1722 \quad (2-14)$$

**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:

$$T_{\gamma} = 2 T_e \quad (2-15)$$

Подставим в формулу 2-15 значение  $T_e$  (2-7) и получим:

$$T_{\gamma} = 3,039659696 \cdot 10^{-16} \text{с} \quad (2-16)$$

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

$$\lambda = c \cdot T_{\gamma} \quad (2-17)$$

Подставим в эту формулу значение  $T_{\gamma}$  (2-16) и  $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{м/с}$ . В результате получим длину круговой электромагнитной волны, распространяющейся в пределах первой стационарной орбиты:

$$\lambda_1 = 9,112670517 \cdot 10^{-8} \text{м} \quad (2-18)$$

Частота этой круговой электромагнитной волны определяется по формуле  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ . На этом основании с учётом  $\lambda_1$  (2-18) получим:

$$\nu_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{с}^{-1} \quad (2-19)$$

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

$$e_1 = 2,179872358 \cdot 10^{-18} \text{Дж} \text{ или } e_1 = 13,6 \text{эВ} \quad (2-20)$$

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:

$$e_1 = - 13,6 \text{эВ} \quad (2-21)$$

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.

**Полученный результат 2-21 является вторым подтверждением (см. 2-12) присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.**

Необходимо подчеркнуть, что значение энергии ( $-13,6$  эВ) было получено **без применения** формулы кинетической энергии электрона и формулы потенциальной энергии взаимодействия двух элементарных зарядов. Отметим, что в модели атома водорода Бора сумма этих энергий составляет **полную энергию электрона** (уровень энергии атома водорода) и равна  $E_1 = -\frac{1}{2} m v_1^2$ . На основе  $E_1 = e_1$  следует:  $e_1 = -\frac{1}{2} m v_1^2$  (2-22)

**2.3.** Перейдём к следующему пункту исследования.

**Правило синхронности является фактором, который определяет длину, частоту и энергию круговых электромагнитных волн в пределах всех стационарных орбит, а не только первой орбиты в атоме водорода.**

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

$$\lambda = \beta \lambda_1 \quad (2-23)$$

где  $\lambda$  – длина круговой электромагнитной волны, распространяющейся внутри стационарной орбиты, м.

$\lambda_1$  – длина круговой электромагнитной волны, распространяющейся внутри первой орбиты атома водорода, м.

$\beta$  – значение кратности длины волны.

В этом исследовании было доказано, что энергия круговой электромагнитной волны, распространяющейся в пределах первой орбиты **равна** полной энергии электрона (2-22) на первой стационарной орбите (первому уровню энергии атома водорода). На основании этого равенства получим уравнение:

$$-\frac{hc}{\lambda_1} = -\frac{1}{2} m v_1^2 \quad (2-24)$$

Распространим это уравнение на все стационарные орбиты электрона в атоме водорода. Для этого применим 2-23 и получим:

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{1}{2} m v^2 \quad \text{или} \quad \frac{hc}{\beta \lambda_1} = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2-25)$$

Отсюда получим формулу скорости электрона на стационарной орбите:

$$v = \sqrt{\frac{2h c}{\beta \lambda_1 m}} \quad (2-26)$$

Дальше применим правило синхронности  $k = \frac{c T_e}{r}$  (2-10).

Подставим  $T_e = \frac{2\pi r}{v}$  (2-3) в формулу 2-10 и получим:

$$k = \frac{2\pi c}{v} \quad (2-27)$$

Подставим  $v$  (2-26) в формулу 2-27 и в результате получим:

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

Преобразуем формулу 2-28 в следующий вид:

$$k = \sqrt{\beta} \sqrt{\frac{2\pi^2 c m \lambda_1}{h}} \quad (2-29)$$

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

$$\sqrt{\frac{2\pi^2 c m \lambda_1}{h}} = 861,0225765 \quad (2-30)$$

где  $\lambda_1 = 9,112670517 \cdot 10^{-8} \text{ м}$  (2-18),  $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ,  $m = 9,109383702 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ,  $h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Как видим, 2-30 имеет ту же величину, что  $k = 861,0225765$  (2-11).

Поэтому с учётом значения 2-12 получим следующую формулу:

$$k = \sqrt{\beta} k_1 \quad \text{где } k_1 = 861 \quad (2-31)$$

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 861, 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:

$$\beta = \mathbf{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25} \dots \quad (2-32)$$

(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 2-31 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 2-32 формула 2-23 примет следующий вид:

$$\boxed{\lambda = \beta \lambda_1 \quad \beta = 1, 4, 9, 25, 36, \dots} \quad (2-33)$$

где  $\lambda_1 = 9,112670517 \cdot 10^{-8} \text{ м}$

Согласно формуле 2-33, в пределах стационарных орбит электрона ( $n=1, 2, 3, 4, \dots$ ) длина круговой электромагнитной волны составит:

$$\lambda_1 = 9,112670517 \cdot 10^{-8} \text{ м}, \lambda_2 = 3,645068207 \cdot 10^{-7} \text{ м}, \lambda_3 = 8,201403465 \cdot 10^{-7} \text{ м}, \lambda_4 = 1,458027283 \cdot 10^{-6} \text{ м} \dots \quad (2-34)$$

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

$$\nu = \frac{c}{\beta \lambda_1} \quad \beta = 1, 4, 9, 25, 36, \dots \quad (2-35)$$

$$\text{В результате получим: } \nu_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}, \nu_2 = 8,224604891 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}, \nu_3 = 3,655379951 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}, \nu_4 = 2,056151223 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1} \dots \quad (2-36)$$

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

$$\boxed{e = -\frac{hc}{\beta \lambda_1}} \quad \beta = 1, 4, 9, 25, 36, \dots \quad (2-37)$$

$$\text{В результате получим: } e_1 = -13,6 \text{ эВ}, e_2 = -3,4 \text{ эВ}, e_4 = -1,51 \text{ эВ}, e_4 = -0,85 \text{ эВ} \dots \quad (2-38)$$

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

**Результат 2-38 является третьим подтверждением присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.**

Также на основании полученных результатов можно сделать вывод:

$$\beta = n^2 \quad (2-39)$$

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

**2.4.** 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:

$$e_{\gamma} = e_k - e_n \quad (2-40)$$

где  $e_{\gamma}$  – 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 (2-40).** 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.

**2.5.** 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:

$$\boxed{\nu \geq \nu_e} \quad (2-41)$$

где  $\nu$  – частота круговой электромагнитной волны в пределах стационарной орбиты,  $\text{с}^{-1}$ .

$\nu_e$  – частота обращения электрона на этой стационарной орбите  $\text{с}^{-1}$ .

Приведём доказательство 2-41.

Рассмотрим левую часть уравнения 2-41. Согласно  $\beta = n^2$  (2-39), частоту круговой электромагнитной волны можно выразить через следующую формулу:

$$\nu = \frac{1}{n^2} \nu_1 \quad (2-42)$$

где  $n$  – порядковый номер орбиты электрона,  $\nu_1$  – частота круговой электромагнитной волны в пределах первой орбиты электрона.

Рассмотрим правую часть уравнения 2-41. Частота обращения электрона на орбите в атоме водорода определяется по формуле:

$$\nu_e = \frac{v}{2\pi r} \quad (2-43)$$

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:

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

На основании 2-41, 2-42, 2-44 получим следующее уравнение:

$$\frac{1}{n^2} \nu_1 \geq \frac{1}{n^3} \frac{v_1}{2\pi r_1} \quad (2-45)$$

$$\text{Решим 2-45 и получим: } n \geq \frac{v_1}{2\pi r_1 \nu_1} \quad (2-46)$$

Подставим в 2-46 значения:  $v_1 = 2,187691262 \cdot 10^6 \text{ м/с}$  (2-4),  $r_1 = 5,291772113 \cdot 10^{-11} \text{ м}$  (2-5),  $\nu_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  (2-19). В результате получим:

$$\boxed{n \geq 2} \quad (2-47)$$

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:

$$\boxed{\nu < \nu_e} \quad (2-48)$$

где  $\nu_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15} \text{с}^{-1}$ ,  $\nu_e = 6,579683910 \cdot 10^{15} \text{с}^{-1}$

Как видим, в отличие от  $\nu \geq \nu_e$  (2-41), в уравнении 2-48 ситуация прямо противоположная:  **$\nu < \nu_e$  в 2 раза.**

**Поэтому если в результате внешнего воздействия произойдёт нарушение синхронности (стр. 13), 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 **принципиально** невозможно. В этом состоит главное отличие первой стационарной орбиты от других стационарных орбит, потому что на этих орбитах в случае нарушения синхронности часть круговой электромагнитной волны может вырваться из атома в виде фотона.

### 3. Результаты.

1. Одним из главных результатов этого исследования является доказательство, что **причиной существования стационарных орбит в атоме водорода является синхронность распространения внутриатомной круговой электромагнитной волны и обращения электрона вокруг протона. Вышеуказанная синхронность заключается в целом числе проходов круговой электромагнитной волны между протоном и электроном за один период обращения электрона.**

В процессе доказательства (которое приведено на 4-7 стр. и включает в себя рисунки, физические формулы, математические расчёты) была получена формула 2-10. Также была получена формула 2-13, по которой было определено время взаимодействия электромагнитной волны (фотона) с

элементарной частицей (протоном, электроном). Это время составило  $4,63 \cdot 10^{-24}$  с. В результате расчётов значение  $k$  для первой стационарной орбиты составило целое число **861**. Результат  $k = 861$  следует рассматривать, как доказательство присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.

2. В исследовании был определен период круговой электромагнитной волны, которая распространяется в пределах первой стационарной орбиты электрона. Период этой волны составил  $T_\gamma = 3,039659696 \cdot 10^{-16}$  с (2-16). (Метод определения значения  $T_\gamma$  изложен на 7-9 стр. и содержит рисунки, физические формулы, расчёты с элементами математического анализа). Через полученное значение  $T_\gamma$  были определены параметры круговой электромагнитной волны: длина  $\lambda_1 = 9,112670517 \cdot 10^{-8}$  м (2-18), частота  $\nu_1 = 3,289841956 \cdot 10^{15}$  с<sup>-1</sup> (2-19), энергия  $e_1 = -13,6$  эВ (2-21).

Как видим, в пределах первой орбиты электрона энергия круговой электромагнитной волны оказалась **равна** первому уровню энергии атома водорода, где  $E_1 = -13,6$  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 второе доказательство присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.

3. В этом исследовании через применение правила синхронности была получена формула 2-33 для определения длины круговой электромагнитной волны в пределах всех стационарных орбит в атоме водорода, а не только первой стационарной орбиты. В основе этой формулы находится кратность длины круговой электромагнитной волны, которая в процессе проведения исследования составила:  $\beta = 1,4,9,25,36 \dots$  (2-32). (Метод определения значений  $\beta$  приводится на 9-11 стр. и включает в себя физические формулы и элементы математического анализа). На основе формулы 2-33 были получены формулы для определения частоты 2-35 и энергии 2-37 круговой электромагнитной волны в пределах стационарных орбит электрона в атоме водорода. В результате применения формулы 2-37 энергия круговой электромагнитной волны в пределах стационарных орбит составила:  $e_1 = -13,6$  эВ,  $e_2 = -3,4$  эВ,  $e_4 = -1,51$  эВ,  $e_4 = -0,85$  эВ ... (2-

38). Как видим, энергия внутриатомной круговой электромагнитной волны имеет значения, которые равны уровням энергии  $E$  атома водорода. Это можно объяснить тем, что  $E$  и  $e$  – это разные названия одной энергии. **Полученные в исследовании значения энергии (2-38) являются третьим доказательством присутствия круговой электромагнитной волны в атоме водорода.** Необходимо подчеркнуть, что результат 2-38 был получен **без применения** главных квантовых чисел (1,2,3,4...). Соотношение между главными квантовыми числами и значениями кратности  $\beta$  выражается формулой 2-39.

4. В этом исследовании была получена формула 2-40 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).

5. 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 (2-41, 2-48). К значительному результату, который был получен через применение правила двух частот, следует отнести **математическое доказательство невозможности атома водорода излучать фотон, когда электрон находится на первой стационарной орбите (стр. 14-15).** Одновременно правило двух частот устанавливает, что, когда электрон находится на других стационарных орбитах ( $n = 2,3,4,5,\dots$ ), то при нарушении правила синхронности должно произойти излучение фотона (2-47).