

**Взаимосвязь величины гравитационной постоянной с другими физическими постоянными. Энергия квантов гравитационного поля чёрных дыр. Результаты исследования.**

**Автор Андрей Чернов**

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

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

**Содержание**

1. Аннотация – 2 стр.
2. Введение – 3-4 стр.
3. Методы – 4-15 стр.
4. Результаты – 15-16 стр.
5. Заключение – 16 стр.
6. Декларация – 16 стр.

## 1. Аннотация.

В основе этого исследования лежит утверждение, что гравитационное сжатие больших космических масс имеет предел плотности сжатия. При этом первоначальная масса, состоящая из атомов, превращается в однородную, очень плотную массу (чёрную дыру), состоящую из одинаковых частиц (которые в исследовании были названы протоатомами).

В этом исследовании для определения параметров протоатома было использовано решение Шварцшильда. В результате была определена масса протоатома, а дальше через математические расчёты с использованием независимых физических постоянных была получена величина двух элементарных зарядов протоатома. Полученная величина заряда совпала с рекомендованной CODATA величиной элементарного заряда. Расхождение составило всего 0,098%, что подтвердило существование протоатома. Этот результат также интересен тем, что величина элементарного заряда была определена через другие независимые физические константы.

В этом исследовании была получена формула для расчёта величины гравитационной постоянной  $G$ . По этой формуле были произведены расчёты величины гравитационной постоянной у 24 химических элементов, взятых из всех групп таблицы Менделеева. Полученные результаты показали, что значение  $G$  может колебаться пределах тысячных и сотых долей процента. Также была определена величина гравитационной постоянной в гравитационном поле наиболее массивных чёрных дыр.

В этом исследовании по аналогии с дискретностью энергетических состояний атомов водорода, были исследованы квантовые состояния протоатомов. В результате с использованием полученных физических параметров протоатома была получена формула для расчёта квантов энергии гравитационных волн (гравитонов), испускаемых чёрными дырами. По этой формуле был рассчитан линейный ряд энергии гравитонов. Полученные значения энергии гравитонов уверенно согласуются с результатами астрофизических наблюдений гравитационных волн, которые возникли в результате слияния чёрных дыр. В ходе анализа новой формулы была определена масса электрона через 4 фундаментальные константы ( $G$ ,  $c$ ,  $q$ ,  $h$ ). Результат совпал с экспериментальной массой электрона. Были получены другие результаты, имеющие научное значение.

**Ключевые слова.** Гравитационные волны, значения энергии гравитационных волн, чёрная дыра, протоатом, масса протоатома, формула гравитационной постоянной, формула энергии гравитона, гравитационное поле, элементарный заряд.

## 2. Введение.

История определения величины гравитационной постоянной насчитывает больше 200 лет. Впервые гравитационную постоянную  $G$  измерил в 1798 году британский физик Генри Кавендиш. Для этого ученый использовал крутильные весы, построенные священником Джоном Мичеллом. В качестве взаимодействующих масс были использованы массивные свинцовые шары. Полученное Кавендишем значение гравитационной постоянной составило  $G = 6,754 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$  (относительная разница с  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  составляет **1,2%**).

С тех пор ученые поставили больше **200** экспериментов по измерению гравитационной постоянной, однако так и не смогли существенно улучшить их точность. По результатам **14** наиболее точных экспериментов за последние 40 лет Комитетом данных для науки и техники (CODATA) было рекомендовано значение  $G = 6,67430 (15) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$  (то есть фактически, эта величина  $G$  является средней расчётной величиной). При этом необходимо отметить, что заявленная погрешность некоторых экспериментов, использованных при расчете значения CODATA, не превышала 14 частей на миллион, однако различие между их результатами достигало **550 частей на миллион (относительная разница 0,055%)** <https://goo.su/SkRf5J>

Учёные предполагают, что низкая точность определения гравитационной постоянной связана со слабостью сил гравитационного притяжения, которые возникают в наземных экспериментах. Это мешает точно измерить силы и приводит к **большим систематическим погрешностям**, обусловленным конструкцией установок. Интерес в этом плане представляет экспериментальное измерение гравитационного взаимодействия 24 цилиндров из сплава вольфрама, сделанное с помощью атомных интерферометров итальянскими и нидерландскими физиками. Авторы исследования в статье в журнале «Nature» (июнь 2014 г) указывают, что поскольку эксперимент с применением атомных интерферометров основан на принципиально другом подходе, то он поможет выявить некоторые систематические ошибки, которые не учитываются в экспериментах с другим оборудованием. Значение полученное исследователями равнялось  $G = 6,67191(99) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$ . Относительная разница с  $G = 6,67430 \cdot 10^{-11}$  составила **0,036%**.

Измерение гравитационной постоянной проводятся различными группами ученых постоянно. При этом, несмотря на обилие новых

технологий, результаты экспериментов дают разные значения этой константы.

### 3. Методы.

**3.1.** Начнём с того, что при гравитационном сжатии гигантской звезды происходит дефект массы атомов, составляющих массу звезды. При этом вначале звезда превращается в нейтронную звезду, а при продолжении сжатия, которое сопровождается дефектом массы нейтронов – в чёрную дыру. Если гравитационное сжатие чёрной дыры будет продолжаться дальше, то может наступить предел, когда дальнейшее сжатие вещества становится невозможным. В этих условиях массу чёрной дыры составляют нейтроны, которые уменьшили свою массу до величины  $m_{pa}$ . Дальше в статье такие уменьшенные нейтроны условно назовём протоатомами. В протоатомах (также как в нейтронах) находятся два противоположных элементарных заряда  $q$ . (Величина  $q$  специально не обозначена. В процессе исследования величина элементарного заряда будет получена через другие физические константы).

Теперь переходим к одному из главных моментов исследования. Масса протоатома составляет:  $m_{pa} = \frac{2G}{c^2}$  (3-1)

Выражение  $\frac{2G}{c^2}$  взято из решения Шварцшильда, которое описывает гравитационный радиус чёрной дыры:  $R = \frac{2G}{c^2} \cdot M$

Чёрную дыру необходимо рассматривать, как одномерное пространство, все характеристики которого определяются **массой**. Поэтому с точки зрения физики константу  $\frac{2G}{c^2}$  м/кг можно рассматривать не только как коэффициент пропорциональности, который измеряется в м/кг, а как структурную единицу предельно сжатой массы, которая измеряется в кг. В данном случае такой единицей принимается протоатом.

На этом этапе исследования  $m_{pa} = \frac{2G}{c^2}$  **необходимо принять, как постулат**, который в дальнейшем исследовании получит математическое подтверждение. Также подчеркнём, что выражение  $\frac{2G}{c^2}$  является **константой**.

С учётом, что  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  и  $c = 2,99792458 \cdot 10^8$  м/с, согласно формуле 3-1 получим:  $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$  кг (3-2)

Здесь необходимо подчеркнуть, что несмотря на большое количество знаков после запятой, полученное значение  $m_{pa}$  не обладает абсолютной точностью. Это связано, в первую очередь, с известными погрешностями

экспериментальных измерений величины  $G$  (см.2 раздел), а также с возможными погрешностями измерений скорости света в вакууме.

Также важно отметить, что значение  $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$  кг является характерным только для наиболее массивных чёрных дыр, где гравитационное сжатие вещества достигло предела.

В этом исследовании проводится параллель между протоатомами и условными парами элементарных зарядов (атомными ячейками) в атомах. Количество атомных ячеек в атоме химического элемента определяется по формуле:  $n = A + B$  (3-3)

где  $A$  – количество условных пар электронов и протонов в атоме,  $A = \frac{e^- + p^+}{2}$   
 $B$  – количество нейтронов в атоме.

Чтобы определить массу  $m_c$  атомной ячейки химического элемента, необходимо разделить массу атома  $m_a$  на количество атомных ячеек  $n$ :

$$m_c = m_a / n \quad (3-4)$$

Формула 3-4 полностью повторяет расчёт атомной единицы массы 1 а.е.м. на основе изотопа углерода  ${}_{12}^6\text{C}$ .

Атом  ${}_{12}^6\text{C}$  состоит из 6 электронов, 6 протонов и 6 нейтронов, то есть это 12 атомных ячеек. Поэтому  $m_c = 1/12 m_a$ . В то же время, как известно, атомная единица массы 1 а.е.м. =  $1/12 m_{{}_{12}^6\text{C}} = 1,660539066 \cdot 10^{-27}$  кг. Поэтому в этом случае масса  $m_c$  атомной ячейки  ${}_{12}^6\text{C}$  равна атомной единице массы 1 а.е.м.

В других химических элементах этого совпадения нет. Определим массу атомной ячейки свинца Pb. Свинец наиболее часто использовался в экспериментах по определению величины гравитационной постоянной (опыт Кавендиша и др.). Поэтому во многом на основе свинца была экспериментально определена величина гравитационной постоянной  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  (см. Раздел 2). **По этой причине свинец будет опорным химическим элементом в этом исследовании.**

Природный свинец состоит из 4-х стабильных изотопов: основного изотопа  ${}_{208}^{82}\text{Pb}$ , а также из изотопов  ${}_{204}^{82}\text{Pb}$ ,  ${}_{206}^{82}\text{Pb}$ ,  ${}_{207}^{82}\text{Pb}$ . Масса атома  ${}_{208}^{82}\text{Pb}$  составляет:  $m_a = 207,9766521$  а. е. м. <https://goo.su/fqZ4> (Ссылка на источник указана по причине того, что в периодической таблице Менделеева указана **средняя** атомная масса всех изотопов свинца Pb. Поэтому для получения точной массы атома изотопа  ${}_{208}^{82}\text{Pb}$  **этой таблицей пользоваться нельзя**). Атом  ${}_{208}^{82}\text{Pb}$  состоит из 82 электронов, 82 протонов, 126 нейтронов. Поэтому согласно (1-3):  $n=208$ . В результате согласно 3-4 масса атомной ячейки  ${}_{208}^{82}\text{Pb}$  составит:

$$m_c = \frac{207,9766521}{208} \text{ а.е.м} = 1,660352671 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (3-5)$$

где 1 а.е.м. =  $1,660539066 \cdot 10^{-27}$  кг. (Практически такая же величина  $m_c$  будет при расчёте других изотопов свинца:  $^{82}_{204}\text{Pb}$ ,  $^{82}_{206}\text{Pb}$ ,  $^{82}_{207}\text{Pb}$ ).

Заметим, что на основании вышеизложенного  $m_c$  можно дать второе название: **масса атомной единицы химического элемента**.

Теперь переходим к следующему важному моменту исследования. Он заключается в том, что при гравитационном сжатии массы, сопровождаемом дефектом этой массы, существует аналогия между уменьшением гравитационного поля этой массы и уменьшением геометрической поверхности сферы при уменьшении объёма этой сферы. Эта аналогия заключается в том, что при гравитационном сжатии атомной ячейки массой  $m_c$  до массы протоатома  $m_{pa}$ , гравитационное поле  $e_c$  атомной ячейки уменьшается до значения  $e_{pa}$  в той же пропорции, в которой уменьшается площадь поверхности  $S$  геометрической сферы при уменьшении объёма  $V$  этой сферы.

Как известно из геометрии, пропорция между площадями поверхностей ( $S_1$  и  $S_2$ ) двух сфер и между объёмами ( $V_1$  и  $V_2$ ) этих сфер выглядит

$$\text{следующим образом: } \sqrt[2]{\frac{S_1}{S_2}} = \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}} \text{ или } \frac{S_1}{S_2} = \sqrt[3]{\frac{V_1^2}{V_2^2}} \quad (3-6)$$

Теперь на основании указанной аналогии получим:

$$\frac{e_c}{e_{pa}} = \sqrt[3]{\frac{m_c^2}{m_{pa}^2}} \quad (3-7)$$

$e_c$  – величина гравитационного поля атомной ячейки на расстоянии 1 м, м/с<sup>2</sup>

$e_{pa}$  – величина гравитационного поля протоатома на расстоянии 1 м, м/с<sup>2</sup>

$m_c$  – масса атомной ячейки, кг.

$m_{pa}$  – масса протоатома, кг.

Пропорция 3-7 отличается от известной пропорции между изменением массы тела и изменением гравитационного поля этого тела:  $\frac{E_0}{E_1} = \frac{M_0}{M_1} \quad (3-8)$

Объясняется это тем, что в обычных условиях уменьшение гравитационного поля тела происходит в результате механического отделения части массы от тела. Вследствие этого количество  $n$  условных пар элементарных зарядов на 1 кг массы остаётся **постоянным** независимо от того, насколько уменьшилась масса тела:  $n = \frac{1 \text{ кг}}{m_c} - \text{const}$ . Иными словами, удельное количество зарядов остаётся прежним. Напротив, в случае гравитационного сжатия (3-7) происходит **дефект массы атомов вещества**. В результате величина  $m_c$  в атомах уменьшается до массы протоатомов  $m_{pa}$

и вещество превращается в однородную, очень плотную массу, из которой состоит тело чёрной дыры. В результате возрастает количество  $n_1$  условных пар элементарных зарядов в расчёте на 1 кг массы:  $n_1 = \frac{1\text{кг}}{m_{pa}} > n = \frac{1\text{кг}}{m_c}$ . По этой причине в условиях гравитационного сжатия классическая пропорция (3-8) не действует.

На основании (3-7) получим:  $e_{pa} = e_c \sqrt[3]{\frac{m_{pa}^2}{m_c^2}}$

С учётом, что  $e_c = \frac{G m_c}{R^2}$ , получим формулу:

$$e_{pa} = G \sqrt[3]{m_c m_{pa}^2} \frac{1}{R^2} \quad (3-9)$$

Подставим в эту формулу значение  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ ,  $m_c = 1,660352671 \cdot 10^{-27}$  кг (3-5),  $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$  кг (3-2),  $R = 1$  м. В результате получим величину гравитационного поля протоатома на расстоянии  $R = 1$  м:  $e_{pa} = 10,288104836 \cdot 10^{-38}$  м/с<sup>2</sup>

**Величина гравитационного поля протоатома численно равна квадрату суммы двух сближенных противоположных зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния от протоатома.**

$$e_{pa} = \frac{(q+q)^2}{R^2} = 4q^2 \text{ м/с}^2 \text{ (где } R = 1\text{ м)} \quad (3-10)$$

В отличие от электрического поля, образуемого элементарным зарядом в вакууме  $E = k \frac{q}{R^2}$ , где  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ , в формуле 3-10 **отсутствует коэффициент пропорциональности.**

$$\text{Теперь на основе 1-10 получим: } q = \sqrt{\frac{e_{pa}}{4}} \quad (3-11)$$

Подставим сюда полученное значение  $e_{pa} = 10,288104836 \cdot 10^{-38}$  м/с<sup>2</sup>. В результате получим:  $q = 1,603753787 \cdot 10^{-19}$  Кл

Как видим, полученная через расчёты величина  $q$  совпадает с рекомендованной CODATA величиной элементарного заряда, где  $q = 1,602176634 \cdot 10^{-19}$  Кл. Расхождение составляет всего **0,098 %**. Это ничтожно малое расхождение, если принять во внимание существующие погрешности экспериментальных измерений физических величин, которые использовались в расчётах для получения величины  $q$  (это значение  $G$  (см. раздел 2), а также  $m_c$ ,  $q$ ,  $c$ ). Также дополнительно на появление расхождения могла повлиять возможная диспропорция в (3-7), вследствие неоднородного состава атома  ${}^{82}_{208}\text{Pb}$  (атом содержит электроны, протоны и нейтроны). На основании всего вышеизложенного следует, что **формула (1-9) и входящие**



в эту формулу  $m_{pa}$  (3-2) и  $e_{pa}$  (3-10) получили математическое подтверждение.

3.2. Преобразуем формулу 3-9 и введём в неё поправочный коэффициент, учитывающий погрешности измерений. В результате получим формулу для расчёта величины гравитационной постоянной.

$$G = \frac{k e_{pa}}{\sqrt[3]{m_c m_{pa}^2}} R^2 \quad (3-12)$$

где  $e_{pa} = 10,267879866 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$ ,  $R = 1 \text{ м}$ .

В основе величины  $e_{pa}$  находится фундаментальная постоянная – величина элементарного заряда:  $e_{pa} = 4q^2$ , где  $q = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .

**$k = 1,001969731$** . Этот коэффициент на основе свинца  $^{82}_{208}\text{Pb}$  принимается единым для всех химических элементов.

Теперь применим формулу 3-12 к другим химическим элементам. Определим величину  $G$  гравитационного поля, образуемого изотопом углерода  $^{12}_6\text{C}$ . В этом атоме  $m_c = 1 \text{ а.е.м.} = 1,660539066 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$  (см. выше в исследовании). Подставим значение  $m_c$  в формулу 3-12 и в результате получим:  **$G = 6,6741 \cdot 10^{-11}$** . Относительная разница с  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  составляет **0,003%**.

Определим величину  $G$  гравитационного поля, образуемого атомами вольфрама. Природный вольфрам состоит из 4-х стабильных изотопов: основного изотопа  $^{184}_{74}\text{W}$  и четырёх изотопов:  $^{180}_{74}\text{W}$ ,  $^{182}_{74}\text{W}$ ,  $^{183}_{74}\text{W}$ ,  $^{186}_{74}\text{W}$ . Атомная масса основного изотопа  $^{184}_{74}\text{W}$ : 183,9509312 а.е.м. <https://goo.su/zqIz> Масса атомной ячейки  $^{184}_{74}\text{W}$  составит:  $m_c = \frac{183,9509312}{184} 1 \text{ а.е.м.} = 1,660096236 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Применим формулу 3-12. В результате получим величину  **$G = 6,6746 \cdot 10^{-11}$** . Относительная разница с  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  составляет **0,0045%**.

Определим величину  $G$  для платины. (Платина на 90% входит в состав международного эталона килограмма). Природная платина состоит из смеси шести изотопов, где наибольший удельный вес приходится на изотоп  $^{195}_{78}\text{Pt}$ . Атомная масса  $^{195}_{78}\text{Pt}$ : 194,9647911 а.е.м. <https://goo.su/cTdgL> Масса атомной ячейки  $^{195}_{78}\text{Pt}$  составит:  $m_c = \frac{194,9647911}{195} 1 \text{ а.е.м.} = 1,660239242 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Применим формулу 3-12 и получим:  **$G = 6,6744 \cdot 10^{-11}$** . Относительная разница с  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  составляет **0,0015%**.

Определим величину  $G$  для иридия. (Иридий на 10% входит в состав международного эталона килограмма). Природный иридий состоит из смеси



2-х стабильных изотопов, где наибольший удельный вес приходится на изотоп  $^{77}_{193}\text{Ir}$ . Атомная масса  $^{77}_{193}\text{Ir}$ : 192,9629264 а.е.м. <https://goo.su/TgOxZQ>  
 Масса атомной ячейки  $^{77}_{193}\text{Ir}$  составит:  $m_c = \frac{192,9629264}{193} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660220091 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Применим формулу 3-12 и получим:  $G = 6,6745 \cdot 10^{-11}$ .  
 Относительная разница с  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  составляет **0,003%**.

Для полного анализа проведём аналогичные расчёты ещё с 20 химическими элементами, взятыми из разных химических групп таблицы Менделеева по мере возрастания их атомного веса (ссылки в тексте подтверждают массу атомов изотопов).

1. Гелий  $^4_2\text{He}$ :  $m_c = \frac{4,002603254130}{4} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,661619767 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6726 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,025 %) <https://goo.su/H284>
2. Азот  $^{14}_7\text{N}$ :  $m_c = \frac{14,003074004251}{14} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660903673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6736 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/dJsw7VB>
3. Кислород  $^{16}_8\text{O}$ :  $m_c = \frac{15,9949146193}{16} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660011286 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6747 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,006%) <https://goo.su/WISCwAS>
4. Неон  $^{20}_{10}\text{Ne}$ :  $m_c = \frac{19,9924401753}{20} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659911397 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6749 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,009%) <https://goo.su/FVZrGp>
5. Натрий  $^{23}_{11}\text{Na}$ :  $m_c = \frac{22,9897692820}{23} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659800435 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6750 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/DCsW9>
6. Магний  $^{24}_{12}\text{Mg}$ :  $m_c = \frac{23,98504169}{24} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659504114 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6754 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,016%) <https://goo.su/KTR3D>
7. Алюминий  $^{27}_{13}\text{Al}$ :  $m_c = \frac{26,98153841}{27} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659403652 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6756 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,019%) <https://goo.su/B2nox>
8. Кремний  $^{28}_{14}\text{Si}$ :  $m_c = \frac{27,9769265350}{28} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659170695 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6759 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,024%) <https://goo.su/8bZ3mZ>
9. Хлор  $^{35}_{17}\text{Cl}$ :  $m_c = \frac{34,96885269}{35} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659061314 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6760 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,025%) <https://goo.su/3Qx8U1>
10. Кальций  $^{40}_{20}\text{Ca}$ :  $m_c = \frac{39,962590866}{40} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,658986083 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6761 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,027%) <https://goo.su/hrD5Miv>
11. Железо  $^{56}_{26}\text{Fe}$ :  $m_c = \frac{55,9349363}{56} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,658609766 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$   
 $G = 6,6766 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,034%) <https://goo.su/HTk1>
12. Медь  $^{63}_{29}\text{Cu}$ :  $m_c = \frac{62,9295975}{63} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,658683414 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

$G = 6,6765 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,033%) <https://goo.su/pCAIQGU>

13. Рубидий  $^{87}_{85}\text{Rb}$ :  $m_c = \frac{84,911789738}{85}$  1 а. е. м. =  $1,658815812 \cdot 10^{-27}$  кг

$G = 6,6763 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,031%) <https://goo.su/3EReg>

14. Серебро  $^{107}_{107}\text{Ag}$ :  $m_c = \frac{106,9050915}{107}$  1 а. е. м. =  $1,659066176 \cdot 10^{-27}$  кг.

$G = 6,6760 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,025%) <https://goo.su/dpSGJN>

15. Йод  $^{127}_{127}\text{I}$ :  $m_c = \frac{126,904473}{127}$  1 а. е. м. =  $1,65929004 \cdot 10^{-27}$  кг

$G = 6,6757 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,02%) <https://goo.su/KqoXwc>

16. Церий  $^{140}_{140}\text{Ce}$ :  $m_c = \frac{139,9054387}{140}$  1 а. е. м. =  $1,659417475 \cdot 10^{-27}$  кг

$G = 6,6755 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,018%) <https://goo.su/UnG0>

17. Золото  $^{197}_{197}\text{Au}$ :  $m_c = \frac{196,9665687}{197}$  1 а. е. м. =  $1,660257269 \cdot 10^{-27}$  кг

$G = 6,6744 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,0015%) <https://goo.su/x3kUaYR>

18. Ртуть  $^{202}_{202}\text{Hg}$ :  $m_c = \frac{201,9706436}{202}$  1 а. е. м. =  $1,660297742 \cdot 10^{-27}$  кг

$G = 6,6744 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,0015%) <https://goo.su/wIqGm0>

19. Радий  $^{226}_{226}\text{Ra}$ :  $m_c = \frac{226,0254098}{226}$  1 а. е. м. =  $1,660725765 \cdot 10^{-27}$  кг.

$G = 6,6738 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,007%) <https://goo.su/wS726Eu>

20. Уран  $^{238}_{238}\text{U}$ :  $m_c = \frac{238,0507882}{238}$  1 а. е. м. =  $1,660893418 \cdot 10^{-27}$  кг.

$G = 6,6736 \cdot 10^{-11}$  (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/1znly7>

Как видим, относительная разница полученных значений  $G$  с величиной  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  (а также между собой) составляет **тысячные и сотые доли процента**. Такие очень малые расхождения объясняются тем, что **массы атомных ячеек химических элементов очень близки между собой по величине**. А в связи с тем, что в формуле 3-12 присутствует **корень в третьей степени**, то гравитационные постоянные будут ещё ближе между собой по величине, чем массы атомных ячеек. **Здесь важно подчеркнуть, что малое различие значений  $G$  это не погрешность, а закономерность**. Поэтому если в одинаковых экспериментах с одинаковыми условиями и одинаковым оборудованием применять разные химические элементы, то **будут получены разные значения  $G$** . Но отличия величины  $G$  будут настолько малы, что уверенно подтвердить их с помощью современных приборов невозможно.

Подобные расчёты величины  $G$  можно применить **ко всем химическим элементам**. При этом полученные результаты покажут (проверено автором), что **колебания величины  $G$  у разных химических элементов нигде не выходят за пределы диапазона в тысячные и сотые**

доли процента. Исключением является только водород. Причина отличия водорода заключается в более массивной атомной ячейке, чем у всех остальных химических элементов. Атом  ${}^1_1\text{H}$  (протий) имеет массу 1,007825031898 а. е. м. <https://goo.su/aKILwOu> Атом  ${}^1_1\text{H}$  состоит из протона и электрона, поэтому его атомная масса одновременно является массой атомной ячейки, где  $m_c = \frac{1,007825031898}{1} \text{ а. е. м} = 1,673574827 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Согласно формуле 3-12 получим:  $G = 6,6567 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$ . Таким образом, относительная разница с  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  составляет **0,26%**. Обстоятельство, что масса атомных ячеек водорода больше массы атомных ячеек других химических элементов объясняется тем, что **в ядрах атомов водорода не было дефекта массы**. К сожалению, измерить в лабораторных условиях (даже с очень большой погрешностью) величину  $G$  у водорода невозможно. Это объясняется тем, что водород является газом и самым лёгким химическим элементом.

Как видно из формулы 3-12 и произведённых расчётов, чем меньше величина  $m_c$ , тем больше величина  $G$ . С физической точки зрения это можно объяснить тем, что чем меньше величина  $m_c$ , тем больше условных пар элементарных зарядов будет приходиться на 1 кг массы вещества. Тем соответственно больше гравитационное поле  $E$ , которое создаётся массой 1 килограмм на расстоянии 1 метр.

**Теоретически максимальное значение гравитационной постоянной может наблюдаться в гравитационном поле наиболее массивных чёрных дыр, где гравитационное сжатие вещества достигло предельного состояния, когда  $m_c = m_{pa}$ . Отсюда согласно 3-12 получим:**

$$G_{\max} = \frac{k e_{pa}}{m_{pa}} R^2 = 6,9133 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \quad (3-13)$$

where  $e_{pa} = 10,267879866 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$ ,  $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ ,  $R = 1 \text{ м}$ ,  $k = 1,001969731$ .

Разберём вопрос величины гравитационного поля  $E$ , которое образует масса  $M$ , состоящая из разных химических элементов, на расстоянии  $R$  от массы  $M$ :

$$E = G_1 \frac{m_1}{R^2} + G_2 \frac{m_2}{R^2} + \dots G_n \frac{m_n}{R^2} \quad (3-14)$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  – масса химических элементов в составе массы  $M$ . (Эта формула действительна для любых масс, независимо от химического состава вещества).

Таким образом на тело, находящееся в точке А на расстоянии R от массы М, будет действовать **единое поле Е**.

Учитывая почти одинаковые значения  $G_1, G_2 \dots G_n$ , для прикладных расчётов получим знакомую формулу гравитационного поля:  $E = G \frac{M}{R^2}$

Рассмотрим вопрос скорости распространения света в контексте полученных в этом исследовании результатов. Для этого обратимся к формуле 3-1 и подчеркнём, что  $m_{pa} = \frac{2G}{c^2}$  является константой. Отсюда получим:  $c = \sqrt{\frac{2G}{m_{pa}}} \quad (3-15)$

Как видим, формула 3-15 допускает, что при изменении величины G, изменяется скорость распространения света. **Но парадокс заключается в том, что подтвердить это экспериментальным путём невозможно.** Объясняется это следующими причинами. Первая причина – это очень малые отличия величины G у химических элементов. Поэтому если отличия величины G у химических элементов составляют тысячные и сотые доли процента (см. табл.), то согласно формуле 3-15 (где присутствует корень квадратный) отличия между величинами скорости света будут ещё меньше. Но даже эта существенная причина не является главной. Главная причина заключается в том, **что принципиально невозможно провести точный эксперимент** по измерению скорости света в гравитационном поле отдельной массы, состоящей из одного химического элемента. Объясняется это тем, что в области распространения света будут находиться **другие сильные гравитационные поля, которые образованы массами атомов других химических элементов, составляющих массу планеты и массу небесных тел из окружающего космического пространства.** Поэтому любые предполагаемые эксперименты по измерению скорости света в гравитационном поле разных химических элементов в конечном итоге приведут к одинаковому результату.

**3.3. Чёрные дыры могут быть источником гравитационных волн.** Это происходит в случае слияния (столкновения) чёрных дыр, когда между протоатомами в чёрной дыре на короткий миг появляется гравитационное поле. (Напомним, что каждый протоатом имеет массу  $m_{pa}$  и два элементарных заряда, то есть  $2q$ ). Но это гравитационное поле почти мгновенно исчезает, потому что протоатомы опять плотно сближаются под действием очень сильной гравитации в чёрной дыре. Этот процесс сопровождается испусканием строго определённых квантов энергии  $\epsilon$

(гравитонов). Это связано с **дискретностью энергетических состояний протоатомов**. Здесь существует прямая аналогия с дискретностью энергетических состояний атомов водорода, когда при скачкообразном переходе электрона с удаленной орбиты на ближнюю орбиту происходит выброс энергии в виде фотона  $\varepsilon = E_{n_2} - E_{n_1}$ . Энергия квантовых (стационарных) состояний атома водорода определяется через формулу:

$$E_n = - R_y \frac{1}{n^2}, \text{ где } R_y = E_0 \quad (3-16)$$

$R_y$  – энергетическая постоянная Ридберга,  $E_0$  – энергия ионизации атома водорода, 13,6 эВ).

По аналогии с квантовыми состояниями в атомах водорода, получим формулу энергии гравитона:  $\varepsilon = E_{n_2} - E_{n_1} = E_0 \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \quad (3-17)$

$E_0$  – энергия необходимая для удаления двух протоатомов друг от друга (аналогия с ионизацией атома водорода), где  $E_0 = E_{n_1}$

$E_{n_2}$  соответствует появлению расстояния между протоатомами. В чёрной дыре **энергия  $E_{n_2}$  численно равна произведению зарядов, находящихся в двух сближенных протоатомах:  $E_{n_2} = 2q \cdot 2q$  (Дж) (3-18)**

Эта формула аналогична формуле энергии взаимодействия двух точечных зарядов в электростатике, где  $E = k q_1 q_2 \frac{1}{r}$ . Отличие между формулами (не считая  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ ) состоит в отсутствии в чёрной дыре расстояния  $r$ , потому что в одномерном пространстве длины не существует. Но зато существуют квантовые числа  $n$ , которые замещают расстояние в чёрной дыре. На основании 3-18:  **$E_{n_2} = 10,267879866 \cdot 10^{-38}$  Дж**

Дальше из ф. 3-17 получим:  **$E_0 = E_{n_2} n_2^2 = 41,071519464 \cdot 10^{-38}$  Дж**

Теперь выразим  $E_0$  через формулу  **$E_0 = h\gamma_0 \quad (3-19)$**

где  $\gamma_0$  – верхний предел частоты гравитационных волн,  $h = 6,62607 \cdot 10^{-34}$

Отсюда получим:  **$\gamma_0 = \frac{E_0}{h} = 6,198473524 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1} \quad (3-20)$**

Дальше в исследовании используем метод аналогии. Экспериментально подтверждено, что значение постоянной Ридберга  $R_y$  зависит от пропорции между массой электрона  $m_e$  и массой ядра водорода и его изотопов  $m_z$  (дейтерия, трития):  $\frac{m_e}{m_z}$ . <https://studfile.net/preview/9726522/page:4/>

По аналогии между  $E_0$  (3-16) и  $E_0$  (3-19) можно предположить, что **частота  $\gamma_0$  в формуле 3-19 тоже зависит от пропорции между массой электрона и массой протона в протоатоме**. Отсюда получим:  **$\gamma_0 = \frac{m_e}{m_p} k_{\text{пер}} \quad (3-21)$**

$m_e$  – масса электрона в протоатоме, кг



$m_p$  – масса протона в протоатоме, кг. При этом  $m_p = m_{pa} - m_e$ , где  $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$  кг (3-13)

$k_{\text{пер.}}$  – коэффициент перевода единиц измерений, где  $k_{\text{пер.}} = 1 \text{ с}^{-1}$ . ( $\text{с}^{-1}$  показывает, что в чёрной дыре времени не существует).

С учётом 3-21 получим:  $\gamma_0 = \frac{m_e}{m_{pa} - m_e}$  или  $m_e = \frac{m_{pa}\gamma_0}{1 + \gamma_0}$  (3-22)

Подставим значения  $m_{pa}$  и  $\gamma_0$  и получим:  $m_e = 9,2004671 \cdot 10^{-31}$  кг

Расхождение с экспериментальной массой **свободного** электрона  $m_e = 9,1093837 \cdot 10^{-31}$  кг составляет **0,99 %**. Таким образом пропорция 3-21 получила математическое подтверждение. Отличие между массами на 0,99% объясняется тем, что свободные электроны и электроны, находящиеся в атомах, отличаются по массе. (Например, масса атома водорода  $^1\text{H}$  (протия) составляет  $m_h = 1,007825031898$  а.е.м. или  $1,673574827 \cdot 10^{-27}$  кг (это больше, чем сумма масс свободного электрона и протона). С учётом, что масса протона равна  $1,67262192 \cdot 10^{-27}$  кг, получим массу электрона в атоме водорода  $m_e = 9,52907 \cdot 10^{-31}$  кг. Таким образом масса электрона в атоме  $^1\text{H}$  больше массы свободного электрона на 4,6%. Как видим, это расхождение даже больше, чем 0,99%).

Поэтому можно сделать вывод, что полученный результат  $m_e = 9,2004671 \cdot 10^{-31}$  кг подтверждает формулу энергии гравитона 3-17 и полученные ранее значения  $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$  кг и  $e_{pa} = 10,267879866 \cdot 10^{-38}$  Дж/с<sup>2</sup>.

Необходимо отметить, что это уже **второе математическое подтверждение** значений  $m_{pa}$  и  $e_{pa}$ . Также надо подчеркнуть, что **масса электрона (3-22) была определена через 4 физические константы: G, c, q, h**, которые в скрытой форме находятся в значениях  $m_{pa}$  (3-1) и  $\gamma_0$  (3-20).

Предполагается, что между протоатомами (как в атоме водорода) должно существовать не два, а множество промежуточных квантовых состояний  $E_n$ , где  $E_n = -E_0 \frac{1}{n^2}$ . **Но эти промежуточные квантовые состояния не являются стационарными**, потому что протоатомы мгновенно сближаются до первоначального состояния  $E_{n_1}$ . Исходя из этого предположения на основе формулы 3-17 получим формулу:

$$\varepsilon = E_0 \left( \frac{1}{n_n^2} - \frac{1}{n_1^2} \right) \quad (3-23)$$

где  $n$  – номера квантовых состояний 1,2,3,4,5....

Эта формула позволяет получить последовательный ряд значений энергии гравитонов, которые могут испускать чёрные дыры:

$$\varepsilon = 19,226 \cdot 10^{-19} \text{эВ}, 22,786 \cdot 10^{-19} \text{эВ}, 24,032 \cdot 10^{-19} \text{эВ}, 24,6099 \cdot 10^{-19} \text{эВ} \dots \rightarrow 25,635 \cdot 10^{-19} \text{эВ}$$

Полученный результат согласуется с результатами астрофизических наблюдений гравитационных волн при слиянии чёрных дыр. По результатам этих наблюдений исследователями была установлена верхняя граница массы гравитона  $1,2 \cdot 10^{-22} \text{эВ}/c^2$  <https://en.wikipedia.org/wiki/Graviton>

Относительно небольшое расхождение можно объяснить тем, что из-за огромных расстояний до чёрных дыр энергия гравитационных волн уменьшается. Также нельзя исключить погрешности наблюдений, связанные с чувствительностью используемой аппаратуры. Совпадение результатов расчётов энергии гравитонов с результатами астрофизических наблюдений гравитационных волн **является вторым подтверждением формулы 3-17 и третьим подтверждением значений  $m_{\text{ра}}$  и  $\epsilon_{\text{ра}}$ .**

#### 4. Результаты.

В этом исследовании через применение решения Шварцшильда была определена масса протоатома – структурной частицы наиболее массивных чёрных дыр. Полученный результат ( $1,4852 \cdot 10^{-27} \text{кг}$ ) позволил через дальнейшие математические расчёты с использованием фундаментальных физических констант определить величину двух элементарных зарядов в составе протоатома. Полученное значение заряда ( $1,603753787 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$ ) совпало с рекомендованной CODATA величиной элементарного заряда ( $1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{Кл}$ ). Расхождение составило всего **0,098%**, что подтвердило физические параметры протоатома. Этот результат также интересен тем, что **величина элементарного заряда была определена через другие физические константы** (см. 3 раздел).

В исследовании была получена формула для расчёта величины гравитационной постоянной. По этой формуле были произведены 24 расчёта гравитационной постоянной с участием химических элементов из всех групп таблицы Менделеева. Эти расчёты показали, **что значение гравитационной постоянной может колебаться в пределах тысячных и сотых долей процента в зависимости от химического элемента.** (Единственным исключением является водород. Причина этого указана в исследовании (см. 3 раздел). Дальнейший анализ показал, что колебания величины  $G$  прямо зависят от количества условных пар элементарных зарядов на единицу массы химического элемента (см. 3 раздел).

В этом исследовании была определена максимальная величина гравитационной постоянной в гравитационном поле наиболее массивных чёрных дыр (1-13). Была раскрыта тема величины гравитационного поля,



образуемого массой, состоящей из разных химических элементов (1-14). В исследовании был раскрыт вопрос скорости распространения света в гравитационном поле при изменении величины гравитационной постоянной (1-15).

По аналогии с дискретностью энергетических состояний атомов водорода были исследованы квантовые состояния протоатомов. В результате проведённого анализа с использованием полученных физических параметров протоатома, была получена формула для расчёта квантов энергии гравитационных волн (гравитонов). По этой формуле был рассчитан линейный ряд энергии гравитонов, которые могут испускать чёрные дыры. **Полученные значения гравитонов уверенно согласуются с результатами астрофизических наблюдений** (ссылка на результаты наблюдений приведена в исследовании). В ходе анализа полученной формулы была **определена масса электрона через 4 фундаментальные константы ( $G$ ,  $c$ ,  $q$ ,  $h$ )**. Полученный результат совпал с экспериментальной массой электрона. Были получены другие результаты, имеющие научное значение.

## **5. Заключение.**

Отличительной особенностью этого исследования является то, что оно базируется на фундаментальных физических константах.

## **6. Декларация.**

Автор исследования: Андрей Чернов.