

# **Гравитационные струны и их участие в физических процессах. Научные результаты исследования.**

**Автор Андрей Чернов**

Адрес: 664007, г. Иркутск

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

м.т. +79645407298

## **Содержание**

1. Аннотация – 2 стр.
2. Методы – 2-14 стр.
3. Результаты – 14 стр.
4. Заключение – 14-15 стр.
5. Декларация – 15 стр.

## 1. Аннотация.

В этом исследовании были использованы новые понятия: гравитационные струны и гравитационные ячейки. Это нововведение позволило получить следующие научные результаты:

Была получена квантовая формула гравитационной струны. Новая формула была применена к результатам известного эксперимента по изучению эффекта Казимира. Это позволило определить нижний предел действия гравитационных сил (746 нм), который одновременно является началом действия эффекта Казимира. Также было определено расстояние между пластинами (30 нм), на границе которого обмен фотонами между атомами переходит в обмен электронами.

В этом исследовании с помощью новой квантовой формулы была определена масса атома водорода. Полученная масса с высокой степенью точности ( $10^{-7}$ ) совпала с экспериментальной массой водорода. Также была определена масса электрона и протона внутри чёрной дыры.

Была получена формула гравитационной постоянной и определена её величина в гравитационном поле чёрных дыр.

В исследовании был определен верхний предел массы гравитона, который подтверждается результатами астрофизических наблюдений, приведёнными в этой статье.

**Ключевые слова.** Чёрная дыра, гравитационная струна, гравитационная ячейка, гравитационный заряд, квантовая формула гравитационной струны, масса гравитационной ячейки, формула гравитационной постоянной, нижний предел действия гравитационных сил, эффект Казимира, расстояние начала действия силы Казимира, формула массы электрона, формула массы атома водорода, гравитон, энергия гравитона, верхний предел массы гравитона.

## 2. Методы.

**2.1.** Это исследование необходимо начать с рассмотрения варианта гравитационного взаимодействия двух чёрных дыр.

Итак, имеем две чёрные дыры массой  $M$  и  $M_1$ , находящиеся на расстоянии  $r$  друг от друга. Эти сверхплотные массы представляют из себя однородное вещество, состоящее из множества одинаковых ячеек (для удобства назовём их гравитационными ячейками). Эти ячейки образовались после чрезвычайно плотного сжатия вещества, в результате чего молекулы и атомы превратились в абсолютно одинаковые ячейки с массой  $m_0$  и гравитационным зарядом, равным величине 2-х элементарных зарядов:

$$q_g = 2 q = 2 \cdot 1,6021773 \cdot 10^{-19} = 3,2043546 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad (1-1)$$

Каждая ячейка сверхплотной массы  $M$  образует в пространстве **скрытое** гравитационное микрополе  $e_g$ , напряжённость которого зависит от расстояния  $r$ :  $e'_g = \frac{q_g}{r^2}$ . Это микрополе проявляется себя при попадании в него другой сверхплотной массы, которая состоит из таких же ячеек массой  $m_0$  и гравитационным зарядом, равным  $q_g = 2q$ . В результате на расстоянии  $r$  от ячейки массы  $M$  образуется уже **реальное** гравитационное микрополе:  $e_g =$

$$\frac{q_g \cdot q_g}{r^2} = \frac{q_g^2}{r^2} \quad (1-2)$$

Эти гравитационные микрополя  $e_g$  являются концами ультратонких силовых струн (назовём их гравитационными струнами). В результате множество  $n$  гравитационных струн, выходящих из массы  $M$ , образуют на расстоянии  $r$  гравитационное поле:  $E = e_g n \quad (1-3)$

На основе формул (1-2) и (1-3) получим:

$$E = k_{\text{пер.}} \cdot \frac{e_0}{r^2} n \quad (1-4)$$

$k_{\text{пер.}}$  – коэффициент перевода единиц измерений,  $k_{\text{пер.}} = 1 \text{ м/кг}$

$e_0$  – энергия гравитационной струны, где  $e_0$  численно равна величине  $q_g^2 = 4q^2$  (1-1). Поэтому  $e_0 = 1,0267889 \cdot 10^{-37} \text{ Дж}$  (1-5)

Отсюда также следует, что величина  $q_g$  (1-1) численно равна величине  $\sqrt{e_0}$   
**(1-6)**

**Чтобы не перегружать формулы, дальше в этом исследовании в формуле (1-4) и в формулах, созданных на базе этой формулы, коэффициент  $k_{\text{пер.}} = 1\text{м}/\text{кг}$  отображаться не будет.**

Количество  $n$  гравитационных струн равняется количеству гравитационных ячеек в массе  $M$ , потому что именно из этих ячеек выходят гравитационные струны. Поэтому:  $n = \frac{M}{m_0}$ . В результате формула (1-4) примет следующий вид:

$$E = \frac{e_0}{r^2} \frac{M}{m_0} \quad (1-7)$$

где  $m_0$  – масса гравитационной ячейки, кг.

Энергия гравитационной струны подчиняется формуле:

$$e_0 = h \gamma \quad (1-8)$$

где  $h$  – постоянная Планка,  $6,62607 \cdot 10^{-34}$  Дж · с.

$\gamma$  – частота струны, где  $\gamma = 1,5496198 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$

Гравитационные струны постоянно колеблются. При этом **колебательная скорость  $v$**  гравитационной струны находится в обратной зависимости от квадрата её длины  $r$ :  $v = \frac{\gamma}{r^2}$  (1-9) или  $\gamma = v r^2$  (1-10)

Отсюда получим квантовую формулу гравитационной струны:

$$e_0 = k_{\text{пер.}} \cdot h v r^2 \quad (1-11)$$

где  $k_{\text{пер.}}$  – коэффициент перевода единиц измерений,  $k_{\text{пер.}} = 1\text{м}^{-3}$

**Чтобы не перегружать формулы, дальше в этом исследовании в формуле (1-11) и в формулах, созданных на базе этой формулы, коэффициент  $k_{\text{пер.}} = 1\text{м}^{-3}$  отображаться не будет.**

**2.2.** Включение в гравитационное поле новых понятий позволило получить формулу гравитационной постоянной и определить её величину в гравитационном поле чёрных дыр.

Переставим в формуле  $E = \frac{e_0}{r^2} \frac{M}{m_0}$  (1-7) знаменатели в дробях и получим:

$$E = \frac{e_0}{m_0} \frac{M}{r^2} \quad (2-1)$$

Если в этой формуле обозначить выражение  $\frac{e_0}{m_0}$  как  $G_0$ , то получим формулу гравитационного поля с участием гравитационной постоянной:

$$E = G_0 \frac{M}{r^2} \quad (2-2)$$

$G_0$  – гравитационная постоянная в гравитационном поле чёрных дыр, где  $G_0 = \frac{e_0}{m_0}$  (2-3)

$$\text{Отсюда получим: } m_0 = \frac{e_0}{G_0} \quad (2-4)$$

Теперь напишем формулу радиуса Шварцшильда:

$$R = \frac{2G_0}{c^2} \cdot M \quad (2-5)$$

где  $R$  – гравитационный радиус чёрной дыры, м,  $G_0$  – гравитационная постоянная в гравитационном поле чёрных дыр,  $M$  – масса чёрной дыры, кг,  $c$  – скорость света, м/с.

В этой формуле выражение  $\frac{2G_0}{c^2}$  является удельным показателем, показывающим пропорцию между длиной и массой: м/кг. Но в одномерном пространстве чёрной дыры такой величины, как длина нет. Поэтому роль удельного показателя «м/кг» там выполняет масса гравитационной ячейки  $m_0$ , как единственная мера измерения. Отсюда следует:

$$m_0 = k_{\text{пер.}} \cdot \frac{2G_0}{c^2} \quad (2-6)$$

$k_{\text{пер.}}$  – коэффициент перевода единиц измерений,  $k_{\text{пер.}} = 1 \text{ кг}^2 \cdot \text{м}^{-1}$

**Чтобы не перегружать формулы, дальше в этом исследовании в формуле (2-6) и в других формулах, созданных на базе этой формулы, коэффициент  $k_{\text{пер.}} = 1 \text{ кг}^2 \cdot \text{м}^{-1}$  отображаться не будет.**

С учётом, что  $m_0 = \frac{2G_0}{c^2}$  (2-6) и  $m_0 = \frac{e_0}{G_0}$  (ф. 2-4) получим величину

гравитационной постоянной  $G_0$  при взаимодействии чёрных дыр:

$$G_0 = \sqrt{\frac{e_0 c^2}{2}} = 6,7927602 \cdot 10^{-11} \quad (2-7)$$

Как видим,  $G_0$  близка по величине к известной гравитационной постоянной  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ . Небольшая разница 1,7 % между ними связана с отличиями сверхплотных и обычных гравитационных ячеек, о чём будет написано ниже.

Теперь определим массу гравитационной ячейки:

$$m_0 = \frac{2G_0}{c^2} = 1,511593 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (2-8)$$

$$G_0 \text{ связана с } m_0 \text{ следующей формулой: } G_0 = \frac{m_0 c^2}{2} \quad (2-9)$$

Отдельный интерес представляют формулы для определения  $G_0$  и  $m_0$ , выраженные через физические фундаментальные константы (*коэффициенты перевода единиц измерений в этих формулах не отображены*):

$$G_0 = \sqrt{2} q c = 6,7927602 \cdot 10^{-11} \quad (2-10)$$

$$m_0 = \frac{q \sqrt{8}}{c} = 1,511593 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (2-11)$$

Гравитационное взаимодействие обычных тел происходит по тому же принципу, что и взаимодействие чёрных дыр. Объясняется это тем, что все обычные массы (плазма, газ, жидкое, твёрдое вещество) когда-то образовались в результате Большого Взрыва из первичного сверхплотного вещества. Поэтому в основе взаимодействия между обычными массами тоже находятся гравитационные струны и ячейки. Вследствие этого обстоятельства любое обычное вещество, можно представить, как огромное множество гравитационных ячеек. Эти ячейки состоят из протона и электрона с гравитационным зарядом  $q'_g$ , а также из нейтронов, которые тоже представляют собой пару из протона и электрона с таким же гравитационным зарядом  $q'_g$ . Отличие между двумя взаимодействиями состоит в разной величине гравитационных зарядов, разной энергии струн и разной массе гравитационных ячеек. Поэтому для случая гравитационного взаимодействия

обычных масс можно применять те же формулы, что и для сверхплотных масс. Напишем формулу гравитационного поля массы  $\mathbf{M}$ :

$$E = G \frac{M}{r^2}, \text{ где } G = \frac{e}{m} = 6,6743 \cdot 10^{-11} \quad (2-12)$$

где  $e$  – энергия гравитационной струны.

$m$  – масса гравитационной ячейки.

Вследствие вышеизложенного, в качестве массы гравитационной ячейки при обычном гравитационном взаимодействии с высокой степенью точности можно использовать атомную единицу масс (1 а. е. м.), которая равна  $1,660539 \cdot 10^{-27}$  кг. Отсюда  $m = 1,6605391 \cdot 10^{-27}$  кг (2-13)

Теперь на основе формулы  $G_0 = \frac{e_0}{m_0}$  (2-3) определим энергию гравитационных струн обычных (не сверхплотных) масс:

$$e = G m = 1,1082936 \cdot 10^{-37} \text{ Дж} \quad (2-14)$$

Для определения величины гравитационного заряда  $q'_g$  обычной массы применим (1-6) и в результате получим:  $q'_g = 3,3291044 \cdot 10^{-19}$  Кл (2-15)

Дальше на основе формулы (1-11) получим квантовую формулу гравитационных струн обычных масс:

$$e = h v r^2 \quad (2-16)$$

**3.3.** Формула (2-16) позволяет получить важные научные результаты. Для этого рассмотрим взаимодействие двух отшлифованных незаряженных параллельных пластин, которые постепенно сближают между собой. Такой опыт проводился в 2012 году исследователями Флоридского университета для измерения силы Казимира. <https://www.nature.com/articles/ncomms2842>

В этом эксперименте исследователи измеряли силу Казимира специальным устройством. Устройство работало в автоматическом режиме и было снабжено приводом, который регулировал расстояние между параллельными пластинами от 1,92 нм до 260 нм.

Применим квантовую формулу гравитационной струны 2-16 к этому эксперименту:

$$e = hvd^2 \quad (3-1)$$

где **e** – энергия гравитационной струны,  $1,1082936 \cdot 10^{-37}$  Дж (ф. 2-14)

**h** – постоянная Планка,  $6,62607 \cdot 10^{-34}$  Дж · с

**v** – колебательная скорость струны, м/с.

**d** – расстояние между пластинами (длина гравитационной струны), м.

Из формулы (3-1) видно, что по мере уменьшения расстояния **d** между пластинами увеличивается колебательная скорость **v** гравитационных струн:

$$v = \frac{e}{h d^2} \quad (3-2)$$

Колебательная скорость гравитационной струны имеет верхний предел, который равен скорости распространения света в вакууме, то есть  $v_{max} = c$ . Отсюда следует, что должна существовать минимальная длина гравитационной струны **d<sub>g</sub>** (или минимальное расстояние между пластинами), на котором эта струна «обрывается». Применим вышестоящую формулу и получим:

$$d_g = \sqrt{\frac{e}{h c}} = 0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м} \quad (3-3)$$

Полученная величина **d<sub>g</sub> = 746,9457** нм уверенно согласуется с результатами эксперимента Флоридского университета, где, как известно, сила Казимира уже **существенно** проявляла себя на расстоянии 260 нм. Следовательно, зарождение силы Казимира происходит на расстоянии больше, чем 260 нм. Поэтому расстояние **0,7469457 · 10<sup>-6</sup> м** надо рассматривать как рубеж, где гравитационное взаимодействие переходит в электромагнитное взаимодействие в виде силы Казимира. Отсюда можно сделать важный вывод: **расстояние  $d_g = 0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  является нижним пределом действия гравитационных сил.**

Учитывая большие порядки использованных в формуле (3-3) величин **e, h, c** ( $10^{-37}, 10^{-34}, 10^8$ ), случайное совпадение теоретического и экспериментального результатов исключено.

Как уже было написано выше, при сближении пластин (ячеек) на расстояние  $0,7469457 \cdot 10^{-6}$  м гравитационные струны рвутся.

**С этого расстояния  $d_k = 0,7469457 \cdot 10^{-6}$  м начинает действовать сила Казимира.** Теперь взаимодействие между пластинами (ячейками) осуществляется посредством фотонов. Начальная энергия  $E_0$  этих фотонов определяется через известную квантовую формулу:

$$E_0 = h \frac{c}{\lambda} = 1,3297123 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad (3-4)$$

где  $\lambda$  – длина стоячей волны фотона между ячейками (пластинами),  
где  $\lambda = 2d_k = 1,4938914 \cdot 10^{-6}$  м

При сближении пластин длина волны фотонов становится короче, и с уменьшением длины волны растёт энергия фотонов. При этом, как известно из экспериментов, сила Казимира возрастает на отрезке пройденного пластинами расстояния **на 2 степени больше**, чем электромагнитная сила на таком же отрезке пути. Следовательно, энергия фотонов при эффекте Казимира будет также увеличиваться **на 2 степени больше**, чем энергия фотонов при обычном электромагнитном взаимодействии на таком же расстоянии.

Отсюда следует, что при прохождении пластинами всего расстояния  $d_k = 0,7469457 \cdot 10^{-6}$  м (то есть при полном сближении пластин) энергия первоначального фотона  $E_0$  вырастет до максимума и составит:

$$E_{\max} = h \frac{c}{\lambda^2} = 8,9009973 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \quad (3-5)$$

Заметим, что величина  $E_{\max}$  почти совпадает с энергией покоя электрона, где  $E_e = m_e c^2 = 8,1871112 \cdot 10^{-14}$  Дж. Разница между ними составляет 8 %:  $\Delta e = E_{\max} - E_e = 0,7138861 \cdot 10^{-14}$  Дж.

Отсюда можно сделать вывод, что при достижении достаточно узкой щели  $\Delta d_e$  между пластинами дальнейшее взаимодействие между пластинами

осуществляется через обмен электронами, а не фотонами. Размер этой щели равен:  $\Delta d_e = d_k \left(1 - \sqrt{\frac{E_e}{E_{max}}}\right) = 3,0579583 \cdot 10^{-8} \text{ м}$  (3-6)

На этом расстоянии **30,6** нм между пластинами энергия электронов равна:  $m_e c^2 = 8,1871112 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$ . Дальнейшее сближение пластин приводит к увеличению энергии электронов **E** за счёт появления кинетической энергии  $E_{kin}$ :

$$E = m_e c^2 + E_{kin}, \text{ где } 0 < E_{kin} < 0,7138861 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \quad (3-7)$$

Таким образом, при полном сближении пластин (когда  $E_{max} = 8,9009973 \cdot 10^{-14} \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$ ) электрон переходит на общую орбиту противоположных атомов. В этом положении энергия связи атомов через общие электроны становится максимальной и равняется  $E_{kin} = 0,7138861 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$  в расчёте на один общий электрон.

На основании вышеизложенного можно предположить, что если направить в щель между пластинами размером  $\Delta d_e < 30,6$  нм интенсивное ультрафиолетовое излучение (рентгеновские лучи, гамма-лучи), то из этой щели могут быть выбиты электроны. (При щели между пластинами  $\Delta d_e > 30,6$  нм эмиссии электронов быть не должно).

В случае положительного результата этот эксперимент подтвердит не только образование электронов на расстоянии  $\Delta d_e < 30,6$  нм, но также подтвердит существование гравитационных струн. (Напомним, что расстояние  $\Delta d_e = 30,6$  нм было получено из формулы (3-6), где  $d_k = d_g = 0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ).

**2.4.** Вернёмся снова к чёрной дыре. Рассмотрим две соседние гравитационные ячейки в массе чёрной дыры. Взаимодействие между ними происходит в результате обмена энергией в виде гравитона. Энергия этого гравитона равна величине энергии гравитационной струны:  $e_0 = 1,0267889 \cdot 10^{-37} \text{ Дж}$  (1-5). Применим к гравитону квантовую формулу:

$$e_0 = h \gamma \quad (4-1)$$

где  $e_0$  – энергия гравитона,  $e_0 = 1,0267889 \cdot 10^{-37}$  Дж.

$h$  – постоянная Планка,  $6,62607 \cdot 10^{-34}$  Дж · с.

$\gamma$  – частота  $\text{с}^{-1}$ ,  $\gamma = 1,5496198 \cdot 10^{-4}$   $\text{с}^{-1}$ .

**Частота гравитона  $\gamma$  находится в прямой зависимости от отношения массы электронов к массе протонов в двух гравитационных ячейках и в обратной зависимости от количества силовых связей между ними.**

$$\gamma = \frac{2 m'_{e-}}{2 m'_{p+}} \frac{1}{n} = \frac{1}{4} \frac{m'_{e-}}{m'_{p+}} \quad (4-2)$$

$m'_{e-}$  – масса электрона в гравитационной ячейке, кг.

$m'_{p+}$  – масса протона в гравитационной ячейке, кг.

$n$  – количество связей между частицами, где  $n = 4$ .

**Пояснение.** Электрон из своей ячейки имеет 2 силовые связи с электроном и протоном в другой ячейке. Протон из этой ячейки тоже имеет 2 силовые связи с электроном и протоном в другой ячейке. В сумме получаются 4 связи между 4 частицами в двух ячейках.

Теперь получим развернутую формулу энергии гравитона:

$$e_0 = k_{\text{пер.}} \cdot \frac{h}{4} \frac{m'_{e-}}{m'_{p+}} \quad (4-3)$$

$k_{\text{пер.}}$  – коэффициент перевода единиц измерений, где  $k_{\text{пер.}} = 1 \text{с}^{-1}$ .

**Чтобы не перегружать формулы, дальше в этом исследовании в формуле (4-3) и в формулах, созданных на базе этой формулы, коэффициент  $k_{\text{пер.}} = 1 \text{с}^{-1}$  отображаться не будет.**

С учётом того, что масса ячейки чёрной дыры  $m_0 = m'_{e-} + m'_{p+}$ , получим квантовую формулу массы электрона в ячейке чёрной дыры:

$$m'_{e-} = \frac{4e_0 m_0}{h+4e_0} = 9,3637733 \cdot 10^{-31} \text{кг} \quad (4-4)$$

где  $m_0 = 1,511593 \cdot 10^{-27}$  кг

Учитывая, что величина  $\mathbf{m}_0$  численно равна величине  $\frac{q\sqrt{8}}{c}$  (2-11), а величина  $\mathbf{e}_0$  численно равна величине  $4q^2$  (1-5), формулу массы электрона в ячейке чёрной дыры можно выразить через 3 фундаментальные постоянные:

$$\mathbf{m}'_{e-} = \frac{32\sqrt{2}q^3}{c(h+16q^2)} \quad (4-5)$$

где  $h$ ,  $c$ ,  $q$  – постоянная Планка, скорость света, элементарный заряд.

Как видим, масса электрона в ячейке  $\mathbf{m}'_{e-}$  очень близка к массе свободного электрона, где  $\mathbf{m}_{e-} = 9,1093897 \cdot 10^{-31}$  кг.  $\mathbf{m}'_{e-} > \mathbf{m}_{e-}$  всего на 2,7 %. Но полного совпадения здесь быть не должно, потому что электрон внутри ячейки и свободный электрон – это не одно и то же.

Теперь вычислим массу протона в ячейке:

$$\mathbf{m}'_{p+} = \mathbf{m}_0 - \mathbf{m}'_{e-} = 1,510\,6566 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (4-6)$$

Разница в массе со свободным протоном (где  $\mathbf{m}_{p+} = 1,6726219 \cdot 10^{-27}$  кг) составляет:  $\Delta\mathbf{m} = \mathbf{m}_{p+} - \mathbf{m}'_{p+} = 0,1619653 \cdot 10^{-27}$  кг (4-7)

Если сложить массу электрона в ячейке  $\mathbf{m}'_{e-}$  и массу свободного протона  $\mathbf{m}_{p+}$ , то получим:

$$\mathbf{m}'_h = \mathbf{m}'_{e-} + \mathbf{m}_{p+} = 1,6735583 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (4-8)$$

Полученная величина  $\mathbf{m}'_h$  практически совпала с экспериментальной величиной массы атома водорода, где  $\mathbf{m}_h = 1,6735575 \cdot 10^{-27}$  кг.

Расхождение между ними составляет очень малую величину:

$$\Delta\mathbf{m}_h = \mathbf{m}'_h - \mathbf{m}_h = 8 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \quad (4-9)$$

Это 0,00005% от массы атома водорода  $\mathbf{m}_h$ .

Практически полное совпадение  $\mathbf{m}'_h$  и  $\mathbf{m}_h$  объясняется тем, что чёрные дыры могут рождать атомы водорода. Это происходит при поглощении веществом чёрной дыры очень большой энергии: например, при столкновении чёрных дыр с космическими телами, обладающими огромной кинетической энергией. В этом случае в гравитационные ячейки, имеющие энергию  $\mathbf{m}_0 c^2$ , поступает внешняя энергия  $E = \Delta\mathbf{mc}^2$  (4-7). В результате

энергия протона в ячейке  $m'_{p+}c^2$  увеличивается ровно на величину  $E$  вплоть до величины энергии свободного протона  $m_{p+}c^2$ . При увеличении протона из ячейки вытесняется энергия в виде пучка нейтрино:  $e = \Delta m_h c^2 = 7,2 \cdot 10^{-17} \text{Дж}$  (4-9). В итоге гравитационная ячейка превращается в атом водорода  $H_1$ . Поэтапно рождение атома водорода из гравитационной ячейки чёрной дыры выглядит так:

$$1) E + m_0 c^2 \quad 2) (E + m'_{p+}c^2) + m'_{e-}c^2 \quad 3) m_{p+}c^2 + m'_{e-}c^2 \quad 4) H_1 + e$$

**Выводы.** Полученный результат (4-8), который практически совпал с экспериментальной массой водорода, подтверждает правильность представленной выше формулы (4-3), а также полученную ранее величину  $m_0 = 1,511593 \cdot 10^{-27} \text{кг}$  (ф. 2-11). В свою очередь, величина  $m_0$  подтверждает величину гравитационной постоянной в области чёрных дыр  $G_0 = 6,7927602 \cdot 10^{-11}$  (2-7), потому что  $G_0 = \frac{m_0 c^2}{2}$  (ф. 2-9).

**2.5.** Существование гравитационных струн предполагает рождение гравитонов из энергии этих струн. Это может происходить при чрезвычайно быстром перемещении гравитационных ячеек относительно друг друга. В этом случае струны между ячейками частично отрываются, и энергетические обрывки этих струн превращаются в свободные гравитоны. Вследствие этого энергия образовавшегося из струны гравитона  $e_g$  будет всегда меньше энергии струны, где  $e = 1,1082936 \cdot 10^{-37} \text{Дж}$  (2-13), то есть  $e_g < 6,917424 \cdot 10^{-19} \text{эВ}$ . Следовательно масса гравитона должна находиться в диапазоне:  $0 < m_g < 6,917424 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}/c^2 \quad (5-1)$

Этот теоретический вывод подтверждается астрофизическими наблюдениями. 11 февраля 2016 года коллаборация LIGO объявила о первом наблюдении гравитационных волн в результате столкновения двух чёрных дыр. С тех пор LIGO сообщила о новых наблюдениях гравитационных волн от сливающихся двойных черных дыр. По результатам наблюдений верхнюю границу массы гравитона оценили, как  $m_g < 1,2 \cdot 10^{-22} \text{ эВ}/c^2$ .

Этот результат органично вписывается в полученный выше диапазон возможных значений массы гравитона. Таким образом, результаты астрофизических наблюдений подтверждают диапазон значений массы гравитона (5-1), за пределы которого масса гравитона выходить не может. При этом гравитоны могут иметь разные массы в этом диапазоне.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Graviton>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational\\_wave](https://en.wikipedia.org/wiki/Gravitational_wave)

### **3. Результаты.**

В этом исследовании получены следующие научные результаты:

Получена квантовая формула гравитационной струны. Это позволило рассчитать нижний предел действия гравитационных сил, который одновременно является началом действия силы Казимира. Было определено расстояние, на границе которого обмен фотонами между атомами переходит в обмен электронами.

С помощью новой квантовой формулы была определена масса атома водорода. Полученная масса совпала с экспериментальной массой водорода. Была определена масса электрона и протона внутри чёрной дыры.

В этом исследовании была получена формула гравитационной постоянной и определена её величина в гравитационном поле чёрных дыр.

Определен верхний предел массы гравитона. Полученный результат подтверждается результатами астрофизических наблюдений.

### **4. Заключение.**

Это исследование проведено на новой теоретической базе, основанной на существовании гравитационных струн и ячеек. Это обстоятельство позволило в относительно небольшом по объёму исследовании получить большое количество научных результатов. Отличительной особенностью этого исследования является общезвестная научная база, а также то, что большинство формул в исследовании опираются на фундаментальные

физические постоянные: элементарный заряд, постоянная Планка, скорость света. Исследование в этом направлении продолжается.

## 5. Декларация

1. Автор исследования: Андрей Чернов.
2. Исследование опубликовано на платформе «Research Square Preprint Platform» на английском языке.
3. Цель публикации: донести информацию до русскоязычной аудитории.