

**Гравитационные струны и их участие в физических процессах. Определение массы электрона и атома водорода с помощью новой квантовой формулы. Другие результаты исследования.**

**Автор Андрей Чернов**

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

## **Содержание**

1. Аннотация – 2 стр.
2. Методы – 2-13 стр.
3. Результаты – 13-14 стр.
4. Заключение – 14 стр.
5. Декларация – 14 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 гравитона. На этой основе была получена формула массы электрона внутри чёрной дыры, опирающаяся на три фундаментальные константы: **h**, **q**, **c**. С помощью этой формулы была определена масса атома водорода при образовании водорода из вещества чёрной дыры. Полученная через фундаментальные физические константы масса атома водорода совпала с экспериментальной массой атома водорода. (Относительное расхождение между массами составляет всего  $5 \cdot 10^{-7}$  и полностью связано с дефектом массы в результате вылета нейтрино, что подтверждается приведёнными расчётами).

Была получена квантовая формула гравитационной струны. Эта формула была применена к результатам известного эксперимента по изучению эффекта Казимира. Новая формула позволила определить нижний предел действия гравитационных сил (746 нм), который совпал с 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 был определён верхний предел массы гравитона. Полученный результат подтверждается результатами астрофизических наблюдений, приведёнными в этой статье.

Была получена формула гравитационной постоянной, а также представлены другие результаты, имеющие научное значение.

**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, формула массы электрона, формула массы атома водорода,

гравитон, формула гравитона, гравитонная связь, энергия гравитонной связи, верхний предел массы гравитона.

## 2. Методы.

**2.1.** Это исследование необходимо начать с чёрных дыр.

Чёрные дыры образуются в результате сильного сжатия вещества. При этом выделяется огромная энергия за счёт дефекта массы. В результате молекулы и атомы превращаются в однородную, чрезвычайно плотную массу, не имеющую объёма. Эта масса представляет из себя огромное множество одинаковых ячеек  $C$ , имеющих массу  $m_c$ . Эти ячейки состоят из плотно сближенных частиц: протона и электрона. Каждая такая ячейка  $C$  (назовём её гравитационной ячейкой) обладает зарядом (назовём его гравитационным зарядом  $q_g$ ) численно равным величине 2-х элементарных зарядов  $q$ , где  $q = \textcolor{red}{i} 1,602176634 \cdot 10^{-19}$  Кл. Отсюда:

$$q_g = 3,2043533 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad (1-1)$$

**Таким образом, гравитационные ячейки являются носителями гравитационных зарядов  $q_g$ .** Эти ячейки-заряды притягиваются друг к другу за счёт обмена энергией в виде гравитонов  $G$ . Энергия  $e_g$  одного гравитона численно равна произведению двух гравитационных зарядов:

$$e_g = k_{nep.} q_g \cdot q_g = k_{nep.} q_g^2 = k_{nep.} 4 q^2 \textcolor{red}{i} 1,026788 \cdot 10^{-37} \text{ Дж} \quad (1-2)$$

(Дальше в исследовании коэффициент  $k_{nep.} = \textcolor{red}{i} 1 \text{ Дж} \cdot \text{Кл}^{-2}$  отображаться не будет, чтобы не перегружать формулы).

Для определения массы гравитационной ячейки  $m_0$  напишем формулу радиуса Шварцшильда:

$$R = \frac{2 G_0}{c^2} \cdot M \quad (1-3)$$

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 удельной величиной, которая показывает пропорцию между длиной и массой:  $R/M$  (м/кг). Но в одномерном пространстве чёрной дыры длины не существует. Поэтому

роль удельной величины  $\frac{2G_0}{c^2}$  в чёрной дыре выполняет масса  $m_c$  гравитационной ячейки, как единственная минимальная единица измерения.

Таким образом получается, что  $m_c$  численно равно  $\frac{2G_0}{c^2}$ . Или в виде уравнения:

$$m_c = k_{nep} \cdot \frac{2G_0}{c^2} \quad (1-4)$$

(Дальше в исследовании коэффициент перевода единиц измерений  $k_{nep} = 1 \text{ кг}^2 \cdot \text{м}^{-1}$  отображаться не будет, чтобы не перегружать формулы).

**В формуле (1-3) гравитационная постоянная  $G_0$  чёрной дыры является удельным показателем, который показывает отношение энергии гравитона  $e_g$  к массе  $m_c$  гравитационной ячейки:**

$$G_0 = k_{nep} \cdot \frac{e_g}{m_g} \quad (1-5)$$

(Дальше в исследовании коэффициент перевода единиц измерений  $k_{nep} = 1 \text{ м} \cdot \text{кг}^{-1}$  отображаться не будет, чтобы не перегружать формулы).

Теперь на основании формул (1-4)  $m_c = \frac{2G_0}{c^2}$  (1-4) и  $G_0 = \frac{e_g}{m_c}$ , где  $e_g = \frac{4q^2}{c}$  (1-2), получим следующее:

$$m_c = \frac{q\sqrt{8}}{c} = 1,5115923 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (1-6)$$

$$G_0 = \sqrt{2} q c = 6,7927602 \cdot 10^{-11} \quad (1-7)$$

(Коэффициенты перевода единиц измерений здесь специально не указываются, чтобы не перегружать исследование).

По первому результату видно, что масса  $m_c$  ячейки чёрной дыры действительно оказалась меньше на 9,7% суммы масс свободного электрона

и протона ( $\sum 1,6735328 \cdot 10^{-27}$  кг за счёт дефекта массы при образовании чёрной дыры.

По второму результату видно, что гравитационная постоянная чёрных дыр  $G_0$  отличается от обычной гравитационной постоянной  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$  на **1,7 %**. Причина расхождения будет объяснена в этом исследовании.

Как уже было написано выше, гравитационные ячейки-заряды обмениваются между собой энергией в виде гравитонов. Применим к энергии гравитона формулу фотона:

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

где  $e_g$  – энергия гравитона,  $e_g = 1,026788 \cdot 10^{-37}$  Дж.

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

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

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

$$\gamma = k_{nep} \cdot \frac{m_{e-i}}{2m_{p+i} \cdot \frac{1}{n}} = k_{nep} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{m_{e-i}}{m_{p+i}} \quad (1-9)$$

(Дальше в исследовании коэффициент перевода единиц измерений  $k_{nep} = 1 c^{-1}$  отображаться не будет, чтобы не перегружать формулы).

$m_{e-i}$  – масса электрона в гравитационной ячейке, кг.

$m_{p+i}$  – 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 силовых связи между 4 частицами в двух ячейках.

Соединим формулы (1-8) и (1-9) и получим **формулу гравитона:**

$$e_g = \frac{h}{4} \frac{m_{e-i}}{m_{p+i}} \quad (1-10)$$

С учётом того, что  $m_c = m_{e-i + m_{p+i}}$  получим  $e_g = \frac{h}{4} \frac{m_{e-i}}{m_c - m_{e-i}}$

**Отсюда получим формулу массы электрона в ячейке чёрной дыры:**

$$m_{e-i} = \frac{4e_g m_c}{h+4e_g} \quad 9,3637607 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \quad (1-11)$$

где  $m_c = 1,5115923 \cdot 10^{-27}$  кг (1-6)

Как видим, масса электрона  $m_{e-i}$  в ячейке чёрной дыры очень близка к массе свободного электрона, где  $m_{e-i} = 9,1093897 \cdot 10^{-31}$  кг. Разница между ними составляет  $0,2542864 \cdot 10^{-31}$  кг или **2,8 %**. Но полного совпадения здесь быть не должно, потому что электрон внутри ячейки и свободный электрон – это не одно и то же. Именно такая величина  $m_{e-i}$  позволила в приведённых ниже расчётах получить точную массу атома водорода.

**Формула массы электрона в ячейке (1-11) базируется на трёх фундаментальных физических константах ( $h, q, c$ ), потому что в основе  $m_c$  и  $e_g$  тоже находятся константы  $q$  и  $c$  (1-2, 1-6). Отсюда получим следующую формулу:**

$$m_{e-i} = \frac{32\sqrt{2}q^3}{c(h+16q^2)} = 9,3637607 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \quad (1-12)$$

(Коэффициенты перевода единиц измерений здесь специально не указываются, чтобы не перегружать исследование).

Теперь вычислим массу протона в ячейке:

$$m_{p+i} = m_c - m_{e-i} = 1,510\,6559 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (1-13)$$

Если сложить массу электрона в ячейке  $m_{e-i}$  и экспериментальную массу свободного протона  $m_{p+i} = 1,6726219 \cdot 10^{-27}$ , то получим:

$$m_h = m_{e-i} + m_{p+i} = 1,6735583 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (1-14)$$

Полученная величина  $m_h$  практически полностью совпала с экспериментальной величиной массы атома водорода, где  $m_h = 1,6735575 \cdot 10^{-27}$  кг. Разность между  $m_h$  и  $m_h'$  составляет очень малую величину:

$$\Delta m_h = m_h' - m_h = 8 \cdot 10^{-34} \text{ кг} \quad (1-15)$$

Таким образом, относительное расхождение  $\delta = 5 \cdot 10^{-7}$ .

Почти полное совпадение  $m_h$  и  $m_h$  объясняется тем, что при определённых условиях чёрные дыры могут рождать атомы водорода с одновременным испусканием нейтрино. Это может происходить при поглощении чёрной дырой очень большой энергии: например, при столкновении с другой чёрной дырой, обладающей огромной кинетической энергией. (Ситуация с поступлением энергии напоминает ситуацию Большого Взрыва). В этом случае в гравитационные ячейки, имеющие энергию  $m_c c^2$ , поступает внешняя энергия  $E'$ . В результате энергия протона  $m_{p+e} c^2$  в ячейке увеличивается ровно на величину  $E'$  вплоть до величины энергии свободного протона  $m_{p+e} c^2$ . При увеличении энергии-массы протона из ячейки вытесняется незначительная энергия в виде пучка нейтрино:  $e = \Delta m_h c^2 = 7,19 \cdot 10^{-17}$  Дж (1-14). В итоге гравитационная ячейка превращается в атом водорода  $H_1$ . Поэтому рождение атома водорода из ячейки чёрной дыры выглядит так:

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

В сокращённом виде образование атома водорода из гравитационной ячейки выглядит так:

$$m_h = m_{p+e} + m_{e-e} v$$

$v$  – пучок нейтрино, где  $v = 8 \cdot 10^{-34}$  кг (449 эВ/ $c^2$ ).

Как уже было написано относительное расхождение между рассчитанной массой атома водорода и экспериментальной массой атома составляет  $\delta = 5 \cdot 10^{-7}$ .

Если для последующего сравнения сложить экспериментальные массы электрона и протона, то получим:

$$m_{e-e} + m_{p+e} = 9,1093897 \cdot 10^{-31} + 1,6726219 \cdot 10^{-27} \approx 1,6735328 \cdot 10^{-27}$$

В результате разность с экспериментальной массой  $m_h$  составит:

$$\Delta m_h = 1,6735328 \cdot 10^{-27} - 1,6735575 \cdot 10^{-27} = 2,47 \cdot 10^{-32}$$

Это соответствует относительному расхождению  $\delta = \textcolor{red}{i} 1,5 \cdot 10^{-5}$  с экспериментальной массой атома водорода.

Как видим, расхождение  $5 \cdot 10^{-7}$  в 30 раз меньше, чем  $1,5 \cdot 10^{-5}$ .

**Вывод: Высокая точность определения массы атома водорода, которая даже без учёта дефекта массы в результате вылета нейтрино составляет  $5 \cdot 10^{-7}$ , является доказательством правильности формулы массы электрона (1-11), а также других формул, на основе которых эта формула была получена.**

Вернёмся к объяснению причины разных величин гравитационных постоянных  $G_0$  и  $G$ .

Начнём с того, что вся масса Вселенной когда-то находились в одной точке. **В этой точке каждая гравитационная ячейка массой  $m_c$  была связана со всеми другими ячейками гравитонными связями, которые имели энергию  $e_g$ .** В результате Большого Взрыва вся первичная сверхплотная масса разлетелась в стороны и образовала объёмное вещество (плазма, газ, жидкое, твёрдое вещество). Это объёмное вещество, как и сверхплотное вещество, тоже можно представить, как огромное множество гравитационных ячеек с массой  $m_{c1}$  и гравитонными связями между ячейками, равными  $e_{g1}$ . (Это подтверждается тем, что атомы состоят из равного количества протонов и электронов, а также из нейтронов, которые тоже можно разложить на пару из протона и электрона). **При Большом Взрыве гравитонные связи между ячейками разлетевшихся масс вытянулись в длинные гравитонные струны, и это множество струн образовало единое гравитационное поле Вселенной с гравитационной постоянной  $G = \frac{e_{g1}}{m_{c1}}$ .** Поэтому классическая формула гравитационного поля массы  $M$  в составе единого гравитационного поля выглядит так:

$$E = G \frac{M}{R^2}$$

$G$  – гравитационная постоянная, где  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$

Разберём количественный состав  $G:m_{c1}$  и  $e_{g1}$ .

За массу  $m_{c1}$  гравитационной ячейки объёмного вещества можно принять атомную единицу масс (1 а. е. м.), которая равна  $1,660539 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Отсюда получим:

$$m_{c1} = 1,660539 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (1-16)$$

Теперь на основе  $G = \frac{e_{g1}}{m_{c1}}$  получим энергию гравитонной связи

(гравитонной струны) для объёмных масс:

$$e_{g1} = G m_{c1} = 1,1082936 \cdot 10^{-37} \text{ Дж} \quad (1-17)$$

Отсюда величина гравитонных зарядов на концах струн в объёмном веществе составляет (1-2):  $q_g = \sqrt{e_{g1}} = 3,3291042 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  (1-18)

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

Отсюда получим квантовую формулу гравитационной струны:

$$e = k_{nep.} \cdot h v d^2 \quad (2-3)$$

$e$  – энергия гравитационной струны,  $1,1082936 \cdot 10^{-37} \text{ Дж}$  (1-17)

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

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

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

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

(Дальше в исследовании коэффициент  $k_{nep.} = 1 \text{ м}^{-3}$  отображаться не будет, чтобы не перегружать формулы).

Применим эту формулу к эксперименту. 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.

Из формулы (2-3) видно, что по мере уменьшения расстояния  $d$  между пластинами увеличивается колебательная скорость  $v$  гравитационных струн:

$$v = \frac{e}{h d^2} \quad (2-4)$$

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  $d_g$  (или минимальное расстояние между пластинами), на котором эта струна «обрывается». Применим вышестоящую формулу и получим:

$$d_g = \sqrt{\frac{e}{hc}} = 0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м} \quad (2-5)$$

Полученная величина  $d_g = 746,9457 \text{ нм}$  уверенно согласуется с результатами эксперимента Флоридского университета. В этом эксперименте сила Казимира **существенно** проявляла себя уже на расстоянии 260 нм. Следовательно, зарождение силы Казимира происходит на расстоянии больше, чем 260 нм. Поэтому расстояние  $0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  надо рассматривать как рубеж, где гравитационное взаимодействие переходит в разновидность электромагнитного взаимодействия 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.**

Как уже было написано выше, при сближении пластин (ячеек) на расстояние  $0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  гравитационные струны рвутся и с **этого расстояния  $d_k = 0,7469457 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  начинает действовать сила Казимира**. Теперь взаимодействие между пластинами (ячейками) осуществляется

посредством фотонов. Начальная энергия  $E_0$  этих фотонов определяется через формулу:

$$E_0 = h \frac{c}{\lambda} = 1,3297123 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad (2-6)$$

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

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

$$E_{max} = h \frac{c}{\lambda^2} = 8,9009973 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \quad (2-7)$$

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

Отсюда можно сделать вывод, что при достижении достаточно узкой щели  $\Delta d_e$  между пластинами дальнейшее взаимодействие между пластинами осуществляется через обмен электронами. Размер этой щели равен:

$$\Delta d_e = d_k \left( 1 - \sqrt{\frac{E_e}{E_{max}}} \right) = 3,0579583 \cdot 10^{-8} \text{ м} \quad (2-8)$$

На этом расстоянии 30,6 нм между пластины 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  $E_{kin}$ :

$$E = m_e c^2 + E_{kin}, \text{ где } 0 < E_{kin} < 0,7138861 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} \quad (2-9)$$

При полном сближении пластин (когда  $E_{max} = 8,9009973 \cdot 10^{-14} \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$ )

электрон переходит на общую орбиту противоположных атомов.

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

**2.3.** Гравитонные связи между гравитационными ячейками являются причиной появления свободных гравитонов в космосе. Это, в частности, происходит при столкновении чёрных дыр. При этом внутри чёрных дыр происходит чрезвычайно быстрое перемещение гравитационных ячеек относительно друг друга. В результате гравитонные связи между ячейками частично отрываются, и освободившаяся энергия в виде свободного гравитона вырывается наружу. Вследствие этого обстоятельства энергия свободного гравитона  $e_g$  будет всегда меньше энергии гравитонной связи между ячейками  $e_g = 1,026788 \cdot 10^{-37} \text{ Дж}$ , то есть  $e_g < 6,4087068 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}/c^2$ .

Следовательно масса гравитона должна находиться в диапазоне:  $0 < m_g < 6,4087068 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}/c^2$  (2-1)

Этот теоретический вывод подтверждается результатами астрофизических наблюдений. 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 диапазон значений массы гравитона:  $0 < 1,2 \cdot 10^{-22} \text{ эВ}/c^2 < 6,4087068 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}/c^2$ .**

Таким образом, результаты астрофизических наблюдений подтверждают диапазон значений массы гравитона (2-1), за пределы которого масса гравитонов выходить не может. При этом гравитоны могут иметь самые 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.**

Определена энергия связи между гравитационными ячейками черной дыры и масса гравитационных ячеек. На этой основе была получена квантовая формула гравитона и формула массы электрона на базе трех фундаментальных констант: **h, q, c**. Это позволило определить массу атома водорода. Полученная масса совпала с экспериментальной массой атома водорода. Относительное расхождение между ними составило всего  $5 \cdot 10^{-7}$ . Это расхождение объясняется дефектом массы в результате вылета нейтрино, что подтверждается приведёнными расчётами.

Была получена квантовая формула гравитационной струны. Эта формула была применена к результатам эксперимента по изучению эффекта Казимира по сближению параллельных пластин. Новая формула позволила определить нижний предел действия гравитационных сил (746 нм), который совпал с 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 был определён верхний предел массы гравитона. Полученный результат подтверждается результатами астрофизических наблюдений, приведёнными в этой статье.

Была получена формула гравитационной постоянной, а также представлены другие результаты, имеющие научное значение.

### **4. Заключение.**

Это исследование проведено на теоретической базе, основанной на существовании гравитационных струн и гравитационных ячеек. Это авторское нововведение позволило получить значительные научные результаты. Отличительной особенностью этого исследования является то, что все полученные формулы опираются на фундаментальные физические постоянные  $q$ ,  $c$ ,  $h$  (например, формула гравитационной струны, формула массы электрона, формула массы атома водорода и др.). Исследование в этом направлении продолжается.

## **5. Декларация**

1. Автор исследования: Андрей Чернов.