

**Гравитационные ячейки и гравитационные струны.  
Научные результаты исследования.**

**Автор Андрей Чернов**

\

Адрес: 664007, г. Иркутск, ул. Поленова 16-7

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

м.т. +79645407298

**Содержание**

1. Аннотация, ключевые слова – 2 стр.
2. Методы – 2-13 стр.
3. Результаты – 13 стр.
4. Заключение – 13-14 стр.
5. Декларация – 14 стр.

## 1. Аннотация.

В этом исследовании в гравитационное поле было встроено такое понятие, как гравитационные струны. Это нововведение позволило получить новые формулы гравитационного поля, основанные на энергии и колебательной скорости гравитационных струн. В результате на новой теоретической базе были получены следующие научные результаты:

Получена формула гравитационной постоянной, а также определена её величина в гравитационном поле чёрных дыр.

Определён нижний предел расстояния действия гравитационных сил.

Получена формула массы атома водорода, выраженная через четыре фундаментальные физические константы.

Определен верхний предел массы гравитона.

Полученные в этом исследовании научные результаты полностью согласуются с известными экспериментальными и научными данными.

**Ключевые слова.** Гравитационная струна, гравитационная ячейка, гравитационный заряд, масса гравитационной ячейки, чёрная дыра, формула массы электрона, формула гравитационной постоянной, формула массы атома водорода, нижний предел расстояния действия гравитационных сил, гравитон, верхний предел массы гравитона,

## 2. Методы.

**2.1.** Чтобы лучше понять физическую природу гравитационного поля, это исследование необходимо начать с рассмотрения варианта гравитационного взаимодействия двух чёрных дыр. Это позволит затем перейти к гравитационному взаимодействию обычных масс.

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  $q_g$ , равным величине двух элементарных зарядов  $q_g = 2q$ . Элементарные заряды в ячейке имеют разные массы (которые будут определены в этом исследовании). Поэтому гравитационную ячейку чёрной дыры можно условно сравнить с атомом водорода, обладающим гравитационным зарядом. Каждая ячейка массы  $M$  образует в пространстве гравитационное поле  $e_g$ , напряжённость которого зависит от расстояния  $r$ :  $e'_g = \frac{q_g}{r^2}$ . Эти многочисленные очень слабые поля образуют в пространстве общее скрытое гравитационное поле  $E'$ . Это поле проявляет себя только при попадании в него другой массы. В данном случае такой массой является чёрная дыра  $M_1$ , которая состоит из таких же одинаковых ячеек массой  $m_0$  и гравитационным зарядом, равным  $q_g = 2q$ . В результате на расстоянии  $r$  от массы  $M$  образуются теперь уже реальные малые гравитационные поля:  $e_g = \frac{q_g \cdot q_g}{r^2} = \frac{q_g^2}{r^2}$ . В сумме эти многочисленные поля  $e_g$  образуют общее гравитационное поле массы  $M$ :

$$E = \sum_1^n e_g \quad (1-1), \text{ где } e_g = \frac{q_g^2}{r^2} = \frac{4q^2}{r^2} \quad (1-2)$$

$E$  – гравитационное поле массы  $M$ , м/с<sup>2</sup>.

$e_g$  – единичное гравитационное поле массы  $M$ , м/с<sup>2</sup>.

$q_g$  – гравитационный заряд ячейки,  $q_g = 2q = 3,20435466 \cdot 10^{-19}$ , Кл.

$q$  – величина элементарного заряда,  $q = 1,60217733 \cdot 10^{-19}$  Кл.

$r$  – расстояние между  $M$  и  $M_1$ , м

$n$  – количество гравитационных ячеек в массе  $M$ .

В формуле 1-2 не показан коэффициент пропорциональности гравитационных зарядов  $q_g$ . Это объясняется тем, что в условиях чёрной дыры этот коэффициент равен своему минимальному значению, где  $k_0 = 1$  (1-3). Это утверждение пока необходимо принять, как постулат. (Этот

постулат будет подтверждён в этой работе полученными научными результатами). Для сравнения: коэффициент пропорциональности электрических зарядов в формуле Кулона составляет  $K = 9 \cdot 10^9$ . Причина такого большого отличия между этими коэффициентами заключается в том, что в чёрной дыре элементарные заряды в ячейке настолько плотно прижаты друг к другу, что практически все силовые линии остаются замкнутым между собой. И только чрезвычайно малая часть силовых линий выходит наружу, создавая в пространстве гравитационное поле.

Кроме большой количественной разницы между кулоновским и гравитационным взаимодействием (где  $k_0 = 1$  и  $K = 9 \cdot 10^9$ ), между этими взаимодействиями существует качественная разница. Эта разница состоит в том, что гравитационные заряды могут только притягиваться друг к другу.

Гравитационное поле  $E$  массы  $M$  представляет из себя огромное множество ультратонких гравитационных струн, выходящих из ячеек массы  $M$  и соединяющихся с ячейками массы  $M_1$ . Таким образом каждая такая струна представляет из себя ультратонкое гравитационное поле  $e_g$ , напряжённость которого зависит от величины гравитационных зарядов  $q_g$  и расстояния между ячейками:  $e_g = \frac{q_g \cdot q_g}{r^2} = \frac{q_g^2}{r^2}$ . (Напомним, что гравитационный заряд равен величине двух элементарных зарядов  $q_g = 2q$ )

Теперь на основе формулы  $E = \sum_1^n e_g$  (1-1) получим формулу гравитационного поля массы  $M$ . Для этого необходимо определить количество гравитационных ячеек  $n$  в массе  $M$  (потому что именно оттуда выходят гравитационные струны). Количество таких ячеек составляет:  $n = \frac{M}{m_0}$  (где  $m_0$  – масса гравитационной ячейки). Отсюда получим формулу гравитационного поля массы  $M$ :

$$E = e_g n = \frac{4q^2}{r^2} n \quad (1-4)$$

где  $E$  – гравитационное поле массы  $M$ , м/с<sup>2</sup>.

$m_0$  – масса гравитационной ячейки, кг.

$n$  – количество гравитационных ячеек в массе  $M$ ,  $n = \frac{M}{m_0}$ .

$4q^2$  является в этой формуле энергией  $e_0$  гравитационной струны .

Отсюда получим новую формулу гравитационного поля:

$$E = \frac{e_0}{r^2} n \quad (1-5)$$

где  $e_0$  – энергия гравитационной струны,  $e_0 = 4q^2 = 1,026789 \cdot 10^{-37}$  Дж (1-6)

$n$  – количество гравитационных ячеек в массе  $M$ ,  $n = \frac{M}{m_0}$ .

Энергия  $e_0$  гравитационной струны подчиняется формуле Планка:

$$e_0 = h \gamma \quad (1-7)$$

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

$\gamma$  – частота струны, где  $\gamma = \frac{e_0}{h} = 1,549620 \cdot 10^{-4}$ ,  $c^{-1}$ . ( $\gamma$  является постоянной величиной).

Гравитационные струны находятся в постоянной вибрации.

Колебательная скорость  $v$  гравитационной струны находится в обратной

зависимости от её длины:  $v = \frac{\gamma}{r^2} \quad (1-8)$

где  $v$  – колебательная скорость гравитационной струны, м/с

Отсюда на основании ф. 1-7 получим:  $v = \frac{e_0}{h r^2} \quad (1-9)$

Из ф. 1-9 следует, что  $e_0 = h v r^2 \quad (1-10)$

Отсюда на основании, что  $E = \frac{e_0}{r^2} n$  (1-5) получим новую формулу гравитационного поля, где отсутствует расстояние  $r$  между массами:

$$E = h v n \quad (1-11)$$

где  $n$  – количество гравитационных ячеек в массе  $M$ .

(Практические результаты применения этих формул будут приведены в других частях этого исследования).

**2.2.** Включение в гравитационное поле новых понятий позволило получить формулу гравитационной постоянной и вычислить её величину в

гравитационном поле чёрных дыр. Для этого раскроем в формуле  $E = \frac{e_0}{r^2} n$  (1-5) значение  $n = \frac{M}{m_0}$ . В результате получим:  $E = \frac{e_0}{r^2} \frac{M}{m_0}$  (2-1)

Если переставить знаменатели в дробях, то:  $E = \frac{e_0}{m_0} \frac{M}{r^2}$  (2-2)

В результате получим классическую формулу гравитационного поля:  $E = G_0 \frac{M}{r^2}$  (2-3),  $G_0$  – величина гравитационной постоянной в

гравитационном поле чёрных дыр, где  $G_0 = \frac{e_0}{m_0}$  (2-4)

Отсюда  $m_0 = \frac{e_0}{G_0}$  (2-5)

Теперь напишем формулу радиуса Шварцшильда:

$$R = \frac{2G_0}{c^2} \cdot M$$

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.

Выражение  $\frac{2G_0}{c^2}$  (м/кг) в этой формуле является удельным показателем, показывающим пропорцию между длиной и массой. Но в одномерном пространстве чёрной дыры такой величины, как длина быть не может. Поэтому роль удельного показателя там выполняет масса гравитационной ячейки  $m_0$ , как единственная мера вещества. Отсюда следует, что  $m_0 = \frac{2G_0}{c^2}$  (2-6)

С учётом  $m_0 = \frac{e_0}{G_0}$  (ф. 2-5) и  $e_0 = 4q^2$  (ф. 1-6) получим следующее уравнение:  $\frac{2G_0}{c^2} = \frac{4q^2}{G_0}$ . Решим это уравнение и в результате получим:

$$G_0 = \sqrt{2} q c = 6,7927 \cdot 10^{-11} \quad (2-7)$$

Как видим, гравитационная постоянная  $G_0$  при взаимодействии двух чёрных дыр практически не отличается от известной гравитационной постоянной  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ . Расхождение между ними составляет всего 1,7 %. Это свидетельствует о правильности нового научного подхода.

(Небольшая разница в величине связана с отличиями сверхплотных и обычных гравитационных ячеек, о чём будет написано ниже).

Теперь на основе формул  $m_0 = \frac{2G_0}{c^2}$  (2-6) и  $G_0 = \sqrt{2} q c$  (2-7)

определим формулу и массу гравитационной ячейки  $m_0$ :

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

$G_0$  связана с  $m_0$  следующей красивой формулой:

$$G_0 = \frac{m_0 c^2}{2} \quad (2-9)$$

Теперь рассмотрим гравитационное взаимодействия двух обычных (не сверхплотных) масс  $M$  и  $M_1$ . Напишем формулу гравитационного поля:

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

$e$  — энергия гравитационной струны,  $e = 1,108293 \cdot 10^{-37}$  Дж. (2-11)

$m$  — масса гравитационной ячейки, где  $m = 1,660539 \cdot 10^{-27}$  кг.

Гравитационное взаимодействие обычных тел происходит по тому же принципу, что взаимодействие чёрных дыр. В основе этого взаимодействия тоже находятся гравитационные струны и ячейки. Отличие между ними состоит только в величине энергии струн и массы гравитационных ячеек. Объясняется это сходство между двумя взаимодействиями тем, что все чёрные дыры когда-то образовались из обычных масс. Вследствие этого обстоятельства любое «обычное» не сверхплотное вещество (плазма, газ, жидкое, твёрдое вещество) можно представить, как огромное множество гравитационных ячеек. Эти ячейки состоят из протона и электрона с общим гравитационным зарядом  $q_g = 2 q$ , а также из нейтронов, которые тоже представляют собой пару из протона и электрона с общим гравитационным зарядом  $q_g = 2 q$ . Поэтому все четыре состояния вещества являются электрически нейтральными, но при этом обладают гравитационными зарядами.

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  $m = 1,660539 \cdot 10^{-27}$  кг.

Дальше на основе известной величины  $m$  была определена энергия гравитационной струны:  $e = G m = 1,108293 \cdot 10^{-37}$  Дж

Как видим,  $e > e_0 = 1,026789 \cdot 10^{-37}$  Дж. С физической точки зрения это можно объяснить тем, что в обычных гравитационных ячейках (роль которых выполняют противоположные элементарные заряды в атомах) больше расстояние между элементарными зарядами, чем в сверхплотной гравитационной ячейке. Поэтому больше энергии поступает в гравитационную струну, вследствие чего  $e > e_0$ . (Коэффициент пропорциональности гравитационных зарядов в этом варианте гравитационного взаимодействия будет равен  $k = 1,079\,378$ ).

Таким образом, для случая гравитационного взаимодействия обычных масс можно применять все формулы первого раздела этой статьи.

Необходимо будет только заменить в этих формулах  $e_0$  на  $e$ .

**2.3.** Вернёмся снова к гравитационному взаимодействию чёрных дыр. Рассмотрим гравитационную струну, которая соединяет две гравитационные ячейки двух чёрных дыр. Применим к этой струне формулу Планка (1-7):

$$e_0 = h \gamma \quad (3-1)$$

где  $e_0$  – энергия гравитационной струны,  $e_0 = 1,026789 \cdot 10^{-37}$  Дж. (1-6)

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

$\gamma$  – частота струны  $c^{-1}$  ( $\gamma$  является постоянной величиной).

Отрицательно заряженная масса в гравитационной ячейке является электроном, а положительно заряженная масса – протоном.

Теперь запишем следующее утверждение, которое в конце этого раздела будет подтверждено экспериментальными данными.

**Частота  $\gamma$  гравитационной струны, которая соединяет две гравитационные ячейки, находится в прямой зависимости от отношения массы электронов к массе протонов в двух ячейках и в обратной**



зависимости от общего количества электронов и протонов в этих ячейках.

$$\gamma = \frac{2 m'_{e-}}{2 m'_{p+}} \frac{1}{n} = \frac{1}{4} \frac{m'_{e-}}{m'_{p+}} \quad (3-2)$$

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

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

$n$  – количество элементарных зарядов в двух ячейках, где  $n = 4$ .

Теперь из ф. (3-1) получим развернутую формулу энергии струны:

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

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

$$m'_{e-} = \frac{4e_0 m_0}{h + 4e_0} \quad (3-4)$$

Учитывая, что  $m_0 = \frac{q\sqrt{8}}{c}$  (ф.2-8) и  $e_0 = 4 q^2$  (ф.1-6), получим формулу массы электрона в сверхплотной гравитационной ячейке, выраженную через три фундаментальные постоянные:

$$m'_{e-} = \frac{32\sqrt{2} q^3}{c (h + 16q^2)} = 9,3637732 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \quad (3-5)$$

Как видим, масса электрона внутри ячейки очень близка к массе свободного электрона, где  $m_{e-} = 9,1093897 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ . Расхождение между массами составляет 2,7 %. (Надо заметить, что 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:

$$m'_{p+} = m_0 - m'_{e-} = 1,511593 \cdot 10^{-27} - m'_{e-} = 1,510\,657 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Разница в массе со свободным протоном (где  $m_{p+} = 1,6726219 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ ) составляет:

$$\Delta m = m_{p+} - m'_{p+} = 0,161\,965 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

А теперь внимание! Если добавить  $\Delta m$  к массе гравитационной ячейки  $m_0$ , то получим известную величину массы атома водорода:

$$m_h = m_0 + \Delta m = 1,673\,558 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (3-6)$$

Для сравнения: экспериментальная масса атома водорода  $m_h = 1,673\,5575 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

С учётом того, что  $m_0 = m'_{e-} + m'_{p+}$  и  $\Delta m = m_{p+} - m'_{p+}$ , формула 1-19 будет выглядеть так:  $m_h = m_{p+} + m'_{e-}$

Раскроем в этой формуле значение  $m'_{e-}$  (ф. 3-5). В результате получим формулу массы атома водорода, выраженную через фундаментальные константы:

$$m_h = m_{p+} + \frac{32\sqrt{2} q^3}{c (h+16q^2)} \quad (3-7)$$

где  $m_{p+}$  – масса протона, где  $m_{p+} = 1,6726219 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ .

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

Если произвести по этой формуле расчёт массы атома водорода с точностью до 7 знаков после запятой, то получим:  $m_h = 1,6735582 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . Расхождение с экспериментальной массой атома водорода (где  $m_h = 1,673\,5575 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ ) составляет  $7 \cdot 10^{-34} \text{ кг}$  или  $0,00004\%$  (что является ничтожно малой величиной).

С точки зрения астрофизики всё вышеприведённое свидетельствует о том, что чёрные дыры могут при особых условиях рождать атомы водорода. Это может происходить при поглощении веществом чёрной дыры очень большой энергии: например, при столкновении чёрных дыр с космическими телами, обладающими огромной массой и кинетической энергией. В этом случае в зоне контакта в гравитационные ячейки поступает внешняя энергия, равная  $E = \Delta m c^2 = 1,455668 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$ , и эти ячейки превращаются в атомы водорода  $m_h$  (3-6). При этой реакции выделяются фотоны или нейтрино, что объясняет ультрамикроскопическое расхождение между рассчитанной и экспериментальной массой атома водорода. Хотя причиной

расхождения также может быть суммарная погрешность экспериментальных измерений всех использованных в формуле (3-7) величин ( $m_{p+}$ ,  $q$ ,  $h$ ,  $c$ ).

Отметим, что полученный по формуле (3-7) результат ( $m_h = 1,673\,5582 \cdot 10^{-27}$  кг) подтверждает правильность базовой формулы (3-1). Также этот результат подтверждает величину массы гравитационной ячейки  $m_0 = 1,511593 \cdot 10^{-27}$  кг (ф. 2-8), которая была получена через формулу радиуса Шварцшильда. В свою очередь, величина  $m_0$  подтверждает величину гравитационной постоянной в области чёрных дыр  $G_0 = 6,7927 \cdot 10^{-11}$  (2-7), потому что  $G_0 = \frac{m_0 c^2}{2}$  (ф. 2-9).

**2.4.** Получим ещё один научный результат. 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>

По мере уменьшения расстояния между параллельными пластинами на такую же величину сокращается длина гравитационных струн между противоположными гравитационными ячейками. В результате увеличивается колебательная скорость этих гравитационных струн:

$$v = \frac{e}{h r^2} \quad (\text{ф. 1-9})$$

где  $e$  – энергия гравитационной струны,  $e = 1,108293 \cdot 10^{-37}$  Дж (ф. 2-11)

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

Колебательная скорость  $v$  гравитационной струны имеет верхний предел, который равен скорости распространения света в вакууме, то есть  $v_{max} = c$ . Отсюда следует, что должна существовать минимальная длина струны  $r_{min}$  (минимальное расстояние между пластинами), на котором гравитационная струна «обрывается». Преобразуем вышестоящую формулу и

получим:  $r_{min} = \sqrt{\frac{e}{h c}} \quad (4-1)$

С учётом величины  $e$  применим эту формулу и получим:

$$r_{min} = \sqrt{\frac{1,108293 \cdot 10^{-37}}{h \cdot c}} = 0,747 \text{ мкм} \quad (4-2)$$

Таким образом, начиная с расстояния **0,747 мкм**, гравитационное взаимодействие между противоположными гравитационными ячейками полностью прекращается и переходит в разновидность электромагнитного взаимодействия, которое называют силой Казимира.

Точность полученной границы перехода гравитационного взаимодействия в электромагнитное взаимодействие подтверждает эксперимент Флоридского университета. 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. При этом начиная с расстояния 260 нм, сила Казимира уже ощутимо проявляла себя. Таким образом, теоретический расчёт расстояния  **$r_{min} = 747$  нм можно рассматривать как нижний предел расстояния действия гравитационных сил, где гравитационное взаимодействие полностью замещается на электромагнитное взаимодействие.** Учитывая большие порядки использованных в формуле (4-1) величин ( $10^{-37}$ ,  $10^{-34}$ ,  $10^8$ ), случайное совпадение расчётного и экспериментального результатов исключено.

Необходимо сделать ещё один важный вывод: **формула (4-1), на основе которой был получен результат  $r_{min} = 0,747$  мкм, является верной. Это, в свою очередь, подтверждает существование гравитационных струн, на основе которых был получен этот результат.**

**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 гравитационная струна «рвётся», и освободившаяся часть

энергии  $\Delta e$  превращается в гравитон  $G$ . Я предполагаю, что гравитоны не имеют массы. Но при этом гравитоны всегда будут нести энергию, как и любые другие безмассовые частицы: фотоны, глюоны. Поэтому из всего вышеизложенного следует, что энергия гравитона будет всегда меньше энергии струны  $e_g < e = 1,108293 \cdot 10^{-37}$  Дж (2-11) или  $e_g < 6,917419 \cdot 10^{-19}$  эВ. В том же случае, если гравитоны всё же имеют массу, то верхнее ограничение массы гравитона составит  $m_g < 6,917419 \cdot 10^{-19}$  эВ/ $c^2$ .

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 этих наблюдений верхнюю границу массы гравитона оценили, как  $m_g < 1,2 \cdot 10^{-22}$  эВ/ $c^2$ .

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

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

Таким образом, полученный в ходе астрофизических наблюдений результат органично вписывается в границы определённого в этом исследовании верхнего ограничения массы гравитона:  $1,2 \cdot 10^{-22}$  эВ/ $c^2 < 6,917419 \cdot 10^{-19}$  эВ/ $c^2$

(В этой статье в некоторых формулах отсутствуют коэффициенты перевода единиц измерений, которые равны 1, чтобы не перегружать формулы).

### 3. Результаты.

В этом исследовании были получены альтернативные формулы гравитационного поля, основанные на энергии и колебательной скорости гравитационных струн.

На основе этих базовых формул была получена формула гравитационной постоянной, определена её величина в гравитационном поле

чёрных дыр. Была получена формула массы атома водорода, выраженная через фундаментальные физические константы. Также была получена формула нижнего предела расстояния действия гравитационных сил и определено это минимальное расстояние. Был определен верхний предел массы гравитона и др.

Все полученные в этом исследовании научные результаты и новые формулы полностью согласуются с известными научными и экспериментальными данными.

#### **4. Заключение.**

Это исследование было проведено на новой теоретической базе, построенной на гравитационных струнах, которые являются необходимым звеном гравитационного поля. Именно это обстоятельство позволило в достаточно небольшом по объёму исследовании получить большое количество научных результатов. Отличительной особенностью этого исследования является то обстоятельство, что все исходные данные широко известны, а полученные теоретические результаты легко сверяются с известными научными и экспериментальными данными.

Исследование в этом направлении продолжается.

#### **5. Декларация**

1. Автор исследования: Андрей Чернов.
2. Исследование опубликовано на платформе «Research Square Preprint Platform» на английском языке. (Это основная платформа автора)  
<https://www.researchsquare.com/article/rs-622706/v23>
3. Цель публикации на этой платформе: донести информацию до русскоязычной аудитории.