

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

Автор Андрей Чернов

E mail: and8591@gmail.com

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

Содержание

1. Аннотация – 2-3 стр.
2. Введение – 3-4 стр.
3. Методы – 4-14 стр.
4. Результаты – 18-19 стр.
5. Заключение – 19 стр.
6. Декларация – 19 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. Дальнейший анализ показал, что колебания величины G зависят от количества условных пар элементарных зарядов, приходящихся на 1 кг массы вещества. Также была определена величина гравитационной постоянной в гравитационном поле наиболее массивных чёрных дыр.

В этом исследовании были исследованы квантовые состояния протоатомов в чёрной дыре. В результате, по аналогии с моделью атома водорода Бора, была получена формула для расчёта энергии квантов протоатомов. На основе этой формулы был рассчитан линейный ряд энергии квантов гравитационных волн (гравитонов), которые могут испускать чёрные дыры. Полученные значения квантов гравитационных волн уверенно

согласуются с результатами астрофизических наблюдений. Были получены другие результаты, имеющие научное значение.

Ключевые слова. Чёрная дыра, протоатом, масса протоатома, масса атомной единицы химического элемента, масса атомной ячейки, формула гравитационной постоянной, 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 . В процессе исследования величина элементарных зарядов будет получена **расчётным путём** 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., который производился 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. = $1/12 m_a(^{12}_6\text{C}) = 1,660539066 \cdot 10^{-27}$ 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:

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

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

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

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/с²

e_{pa} – величина гравитационного поля протоатома на расстоянии 1 м, м/с²

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: $\frac{E_0}{E_1} = \frac{M_0}{M_1}$

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 равная пропорция не действует.

$$\text{На основании (3-7) получим: } e_{pa} = e_c \sqrt[3]{\frac{m_{pa}^2}{m_c^2}} \quad (3-8)$$

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 (3-1), $R = 1$ м. В результате получим величину гравитационного поля протоатома на расстоянии $R = 1$ м: $e_{pa} = 10,288104836 \cdot 10^{-38}$ м/с²

Это гравитационное поле, образуется на расстоянии 1 м от протоатома. **Величина этого гравитационного поля 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, где $E = 9 \cdot 10^9 \frac{q}{R^2}$, в этой формуле отсутствует повышающий коэффициент.

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

Подставим сюда полученное значение $e_{pa} = 10,288104836 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$.

В результате получим: $q = 1,603753787 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Как видим, полученная через расчёты величина q совпадает с рекомендованной CODATA величиной элементарного заряда, где $q = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. 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.**

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

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

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

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

$k = 1,001969731 \text{ м}^2$. 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 $^{193}_{77}\text{Ir}$. Атомная масса $^{193}_{77}\text{Ir}$: 192,9629264 а.е.м. <https://goo.su/TgOxZQ> Масса атомной ячейки $^{193}_{77}\text{Ir}$ составит: $m_c = \frac{192,9629264}{193} 1 \text{ а.е.м.} = 1,660220091 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. 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 ${}^4_2\text{He}$: $m_c = \frac{4,002603254130}{4}$ 1 а. е. м. = $1,661619767 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6726 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,025 %) <https://goo.su/H284>

2. Азот ${}^{14}_7\text{N}$: $m_c = \frac{14,003074004251}{14}$ 1 а. е. м. = $1,660903673 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6736 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/dJsw7VB>

3. Кислород ${}^{16}_8\text{O}$: $m_c = \frac{15,9949146193}{16}$ 1 а. е. м. = $1,660011286 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6747 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,006%) <https://goo.su/WISCwAS>

4. Неон ${}^{20}_{10}\text{Ne}$: $m_c = \frac{19,9924401753}{20}$ 1 а. е. м. = $1,659911397 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6749 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,009%) <https://goo.su/FVZrGp>

5. Натрий ${}^{23}_{11}\text{Na}$: $m_c = \frac{22,9897692820}{23}$ 1 а. е. м. = $1,659800435 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6750 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/DCsW9>

6. Магний ${}^{24}_{12}\text{Mg}$: $m_c = \frac{23,98504169}{24}$ 1 а. е. м. = $1,659504114 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6754 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,016%) <https://goo.su/KTR3D>

7. Алюминий ${}^{27}_{13}\text{Al}$: $m_c = \frac{26,98153841}{27}$ 1 а. е. м. = $1,659403652 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6756 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,019%) <https://goo.su/B2nox>

8. Кремний ${}^{28}_{14}\text{Si}$: $m_c = \frac{27,9769265350}{28}$ 1 а. е. м. = $1,659170695 \cdot 10^{-27}$ кг.

$G = 6,6759 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,024%) <https://goo.su/8bZ3mZ>

9. Хлор ${}^{35}_{17}\text{Cl}$: $m_c = \frac{34,96885269}{35}$ 1 а. е. м. = $1,659061314 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6760 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,025%) <https://goo.su/3Qx8U1>

10. Кальций ${}^{40}_{20}\text{Ca}$: $m_c = \frac{39,962590866}{40}$ 1 а. е. м. = $1,658986083 \cdot 10^{-27}$ кг.

$G = 6,6761 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,027%) <https://goo.su/hrD5Miv>

$$11. \text{ Железо } {}^{56}_{26}\text{Fe}: m_c = \frac{55,9349363}{56} \text{ 1 а. е. м.} = 1,658609766 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

$$G = 6,6766 \cdot 10^{-11} \text{ (Относительная разница 0,034\%)} \quad \text{https://goo.su/HTk1}$$

$$12. \text{ Медь } {}^{63}_{29}\text{Cu}: m_c = \frac{62,9295975}{63} \text{ 1 а. е. м.} = 1,658683414 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

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

$$13. \text{ Рубидий } {}^{85}_{37}\text{Rb}: m_c = \frac{84,911789738}{85} \text{ 1 а. е. м.} = 1,658815812 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

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

$$14. \text{ Серебро } {}^{107}_{47}\text{Ag}: m_c = \frac{106,9050915}{107} \text{ 1 а. е. м.} = 1,659066176 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

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

$$15. \text{ Йод } {}^{127}_{53}\text{I}: m_c = \frac{126,904473}{127} \text{ 1 а. е. м.} = 1,65929004 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

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

$$16. \text{ Церий } {}^{140}_{58}\text{Ce}: m_c = \frac{139,9054387}{140} \text{ 1 а. е. м.} = 1,659417475 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

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

$$17. \text{ Золото } {}^{197}_{79}\text{Au}: m_c = \frac{196,9665687}{197} \text{ 1 а. е. м.} = 1,660257269 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

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

$$18. \text{ Ртуть } {}^{202}_{80}\text{Hg}: m_c = \frac{201,9706436}{202} \text{ 1 а. е. м.} = 1,660297742 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

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

$$19. \text{ Радий } {}^{226}_{88}\text{Ra}: m_c = \frac{226,0254098}{226} \text{ 1 а. е. м.} = 1,660725765 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

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

$$20. \text{ Уран } {}^{238}_{92}\text{U}: m_c = \frac{238,0507882}{238} \text{ 1 а. е. м.} = 1,660893418 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

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

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.

3.2. 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:

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

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

3.3. 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 A на расстоянии R от массы M , будет действовать **единое поле E** .

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

3.4. В конце статьи 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.

$$\text{Отсюда получим: } c = \sqrt{\frac{2G}{m_{pa}}} \quad (3-15)$$

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. Для примера возьмём кислород ${}^{16}_8\text{O}$, который в виде химических соединений составляет в земной коре 48%. Величина $G = 6,6747 \cdot 10^{-11}$, расхождение с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составляет **0,006%** (см. табл.). Подставим в формулу 3-15 значение $G = 6,6747 \cdot 10^{-11}$ и получим $c = 2,998014413 \cdot 10^8$ м/с. В результате расхождение с рекомендованной CODATA величиной скорости света $c = 2,99792458 \cdot 10^8$ м/с составляет **0,003%**.

Но даже эта очень существенная причина не является главной причиной. 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 также находиться **другие сильные гравитационные поля, которые образованы массами атомов других химических элементов, составляющих массу планеты и окружающего космического пространства.** Поэтому любые предполагаемые эксперименты по измерению скорости света в гравитационном поле разных химических элементов в конечном итоге приведут к одинаковому результату.

3.5. Чёрные дыры могут быть источником гравитационных волн. Это происходит в случае слияния (столкновения) чёрных дыр, когда между протоатомами на короткий миг появляется расстояние. (Напомним, что каждый протоатом имеет массу m_{pa} и два элементарных заряда, то есть $2q$). При этом вместе с появлением расстояния у протоатомов появляются гравитационные поля, которые исчезают, после сближения протоатомов.

Исчезновение гравитационного поля сопровождается испусканием квантов энергии ε чёрной дырой. Этот квантовый процесс можно сравнить с квантовыми процессами в модели атома водорода Бора, где $\varepsilon = E_1 - E_2$

Также как в модели атома водорода Бора, между протоатомами существуют промежуточные квантовые состояния. Но в отличие от атома водорода, эти промежуточные состояния не являются стационарными, потому что протоатомы снова плотно сближаются до первого квантового состояния. При этом возникшие между протоатомами гравитационные поля испускают кванты энергии. Формула кванта энергии протоатома (по аналогии с моделью атома водорода Бора) выглядит следующим образом:

$$\varepsilon = E_0 \frac{1}{n_1^2} - E_0 \frac{1}{n_n^2} \quad (3-16)$$

где E_0 – энергия необходимая для максимального удаления двух протоатомов друг от друга (аналогия с ионизацией атома водорода)

n_1, n_2, \dots, n_n – целые числа 1,2,3,4,5,6,....., где $n_1 = 1$.

Первое квантовое состояние протоатома n_1 характеризуется отсутствием расстояния между протоатомами. Ему соответствует уровень энергии: $E_1 = E_0$.

Второе квантовое состояние n_2 возникает при появлении минимального расстояния между протоатомами. Ему соответствует уровень энергии:

$$E_2 = \frac{E_0}{n_2^2} = \frac{E_0}{4} \quad (3-17)$$

При этом энергия E_2 численно равна величине гравитационного поля протоатома e_{pa} , где $e_{pa} = 10,267879866 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$ (3-13). Напомним, что эта величина численно равна: $e_{pa} = 2q \cdot 2q$ (3-10).

$$\text{Отсюда } E_2 = 10,267879866 \cdot 10^{-38} \text{ Дж}$$

$$\text{Дальше на основе (3-17) получим: } E_0 = 4 E_2 = 41,071519464 \cdot 10^{-38} \text{ Дж}$$

$$\text{Теперь выразим } E_0 \text{ через формулу: } E_0 = h\gamma_0$$

где γ_0 – верхний предел частоты гравитационных волн, $h = 6,62607 \cdot 10^{-34}$

Отсюда получим: $\gamma_0 = \frac{E_0}{h} = 6,198473524 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$

Верхний предел частоты квантов гравитационных волн равняется отношению массы электрона к массе протона в протоатоме:

$$\gamma_0 = \frac{m_e}{m_p} \quad (3-18)$$

где m_e – масса электрона в протоатоме, кг

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

С учётом этого получим: $\gamma_0 = \frac{m_e}{m_{pa} - m_e}$ или $m_e = \frac{m_{pa}\gamma_0}{1 + \gamma_0}$

Подставим значения m_{pa} и γ_0 и получим: $m_e = 9,2004671 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Расхождение с экспериментальной массой **свободного** электрона $m_e = 9,1093837 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ составляет **0,99 %**. Малое отличие между ними объясняется тем, что свободные электроны и электроны, находящиеся в атомах, отличаются по массе. (Например, масса атома водорода ^1H (протия) составляет $m_h = 1,007825031898 \text{ а.е.м.}$ или $1,673574827 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. С учётом, что масса протона равна $1,67262192 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$, получим массу электрона в атоме водорода $m_e = 9,52907 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. Таким образом масса электрона в атоме ^1H больше массы свободного электрона на 4,6%. Как видим этот результат даже больше, чем 0,99%, потому что $m_h > m_{pa}$).

Поэтому можно сделать вывод, что полученный результат $m_e = 9,2004671 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ **подтверждает квантовую формулу 3-16** и полученные ранее значения $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ и $e_{pa} = 10,267879866 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$. (Необходимо отметить, что это уже **второе математическое подтверждение** значений m_{pa} и e_{pa}).

На основании формулы 3-16 получим величину энергии квантов (гравитонов), которые могут испускать чёрные дыры:

$$\varepsilon = E_0 - E_n = 19,226 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}, 22,786 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}, 24,032 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}, 24,6099 \cdot 10^{-19} \text{ эВ} \dots \rightarrow 25,635 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}$$

Этот результат согласуется с результатами астрофизических наблюдений гравитационных волн при слиянии чёрных дыр. По результатам этих наблюдений исследователями была установлена верхняя граница массы гравитона $1,2 \cdot 10^{-22}$ эВ/с² <https://en.wikipedia.org/wiki/Graviton>

Относительно небольшое расхождение можно объяснить тем, что из-за огромных расстояний до космических объектов энергия гравитационных волн уменьшается. Также нельзя исключить погрешности наблюдений, связанные с чувствительностью используемой аппаратуры.

4. Результаты.

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

В этом исследовании были исследованы квантовые состояния протоатомов в чёрной дыре. В результате, по аналогии с моделью атома водорода Бора, была получена формула для расчёта энергии квантов, испускаемых протоатомами. На основе этой формулы был рассчитан линейный ряд энергии квантов гравитационных волн (гравитонов), которые могут испускать чёрные дыры. **Полученные значения квантов гравитационных волн уверенно согласуются с результатами астрофизических наблюдений** (ссылка на результаты наблюдений приведена в исследовании). 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.