

Протоатом и его роль в формировании величины гравитационной постоянной. Результаты исследования.

Автор Андрей Чернов

E mail: and8591@gmail.com

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

Содержание

1. Аннотация – 2 стр.
2. Введение – 3-4 стр.
3. Методы – 4-14 стр.
4. Результаты – 14-15 стр.
5. Заключение – 16 стр.
6. Декларация – 16 стр.

1. Аннотация.

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

В этом исследовании для определения параметровprotoатома было использовано решение Шварцшильда. В результате через физико-математические расчёты с использованием гравитационной постоянной и скорости света была определена массаprotoатома ($1,4852 \cdot 10^{-27}$ кг) и величина его двух противоположных зарядов. Полученная величина заряда ($1,603473082 \cdot 10^{-19}$ Кл) практически полностью совпала с рекомендованной CODATA величиной элементарного заряда, где $q=1,602176634 \cdot 10^{-19}$ Кл. Расхождение составило всего 0,098%. Таким образом, в этом исследовании была показана математическая взаимосвязь между независимыми физическими постоянными q , G , c .

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 в зависимости от химического элемента. Также в исследовании была определена величина гравитационной постоянной в гравитационном поле наиболее массивных чёрных дыр. Получены другие результаты, имеющие научное значение.

Ключевые слова. Чёрная дыра,protoатом, массаprotoатома, 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 $G = 6,67430 (15) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$. 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.

При гравитационном сжатии гигантской звезды происходит значительное выделение энергии, сопровождаемое дефектом массы атомов химических элементов (в основном гелия и водорода). При этом гигантская звезда вначале превращается в нейтронную звезду, а затем в чёрную дыру. При дальнейшем гравитационном сжатии наступает предел, когда дальнейшее сжатие вещества становится невозможным. **В условиях предельного сжатия** вещество чёрной дыры составляют нейтроны, которые уменьшили свою массу до величины m_{pa} (далее в статье такие уменьшенные нейтроны назовём протоатомами). Масса протоатома составляет: $m_{pa} = \frac{2G}{c^2}$ (1-1)

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

Все характеристики решения Шварцшильда определяются одним показателем – массой. Поэтому с точки зрения физики константу $\frac{2G}{c^2} \text{ м/кг}$ 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

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

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

Здесь необходимо подчеркнуть, что несмотря на большое количество знаков после запятой, полученное значение m_{pa} не обладает абсолютной точностью. Это связано с известными погрешностями экспериментальных измерений величины G (см. 1 раздел).

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

В этом исследовании проводится параллель между protoatomами и условными парами элементарных зарядов (атомными ячейками) в атомах химических элементов. Количество атомных ячеек в атоме химического элемента определяется по формуле: $n = A + B$ (1-3)

где A – количество пар электронов и протонов в атоме, B – количество нейтронов в атоме.

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

$$m_c = m_a / n \quad (1-4)$$

Этот расчёт аналогичен расчёту атомной единицы массы 1 а.е.м., который, как известно, производился на основе изотопа углерода ^{12}C .

Атом ^{12}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. = $1/12 \cdot 12 \cdot 6 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,660539066 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Поэтому в этом

случае масса атомной ячейки ^{12}C m_c равна атомной единице массы 1 а.е.м. Но в других химических элементах этого совпадения быть не может.

Определим массу атомной ячейки свинца Pb. Свинец особенно часто использовался в экспериментах по определению величины гравитационной постоянной (опыт Кавендиша и др.). Таким образом, 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}Pb , а также из изотопов ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb . Масса атома ^{208}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}Pb **этой таблицей пользоваться нельзя**). Атом ^{208}Pb состоит из 82 электронов, 82 протонов, 126 нейтронов. Поэтому согласно (1-3): $n=208$. В результате согласно 1-4 масса атомной ячейки ^{208}Pb составит:

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

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

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

Теперь переходим к одному из важных моментов исследования. Этот момент заключается в том, что **при гравитационном сжатии атомной ячейки m_c до значения массыprotoатома m_{pa} , гравитационное поле e_c атомной ячейки уменьшается в той же пропорции, в которой уменьшается площадь поверхности S геометрической сферы при уменьшении объёма V этой сферы.**

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

$$\text{следующим образом: } \sqrt[2]{\frac{S_1}{S_2}} = \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}} \text{ или } \frac{S_1}{S_2} = \sqrt[3]{\frac{V_1^2}{V_2^2}} \quad (1-6)$$

Теперь на основании указанной аналогии получим:

$$\frac{e_c}{e_{pa}} = \sqrt[3]{\frac{m_c^2}{m_{pa}^2}} \quad (1-7)$$

где m_{pa} – массаprotoатома, кг.

m_c – масса атомной ячейки, кг.

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

e_c – величина гравитационного поля атомной ячейки на расстоянии 1м, м/с²

Как видим, пропорция 1-7 **отличается от известной пропорции**, когда уменьшение гравитационного поля тела происходит в равной пропорции с уменьшением массы этого тела. Объясняется это тем, что в обычных условиях уменьшение гравитационного поля тела происходит в результате отделения части массы от этого тела. В этих условиях масса атомных ячеек не изменяется, и поэтому количество условных пар элементарных зарядов (атомных ячеек) на единицу массы остаётся неизменным, **то есть структура вещества остаётся прежней**. В нашем же случае 1-7 уменьшение массы атомных ячеек происходит в результате гравитационного сжатия вещества. Поэтому количество условных пар элементарных зарядов на единицу массы тела возрастает: $\frac{n_c}{m_c} < \frac{n_{pa}}{m_{pa}}$. То есть происходят структурные изменения вещества:

$$\text{На основании (1-7) получим: } e_{pa} = e_c \sqrt[3]{\frac{m_{pa}^2}{m_c^2}} \quad (1-8)$$

С учётом, что $e_c = \frac{G m_c}{R^2}$, где $R = 1\text{м}$, получим формулу:

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

Подставим в эту формулу значение $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$, $m_c = 1,660352671 \cdot 10^{-27}$ кг (1-5), $m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$ кг (1-1). В результате получим величину гравитационного поляprotoатома на расстоянии 1 м:

$$e_{pa} = 10,288104836 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$$

Это гравитационное поле эквивалентно квадрату суммы двух равных противоположных зарядов в составеprotoатома:

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

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

Подставим в эту формулу полученное значение $e_{pa} = 10,288104836 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2$. В результате получим: $q = 1,603473082 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

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 сумму погрешностей экспериментальных измерений значений G (см. раздел 2), m_c , q , c , которые использовались в вышестоящих расчётах. Отсюда следует, что **формула (1-9) и входящие в эту формулу m_{pa} (1-2) и e_{pa} (1-10) получили математическое подтверждение**.

Преобразуем формулу 1-9 и введём в неё поправочный коэффициент, учитывающий погрешности измерений. В результате получим формулу для расчёта величины гравитационной постоянной.

$$G = \frac{k e_{pa}}{\sqrt[3]{m_c m_{pa}^2}} \quad (1-12)$$

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 пропорциональности на основе свинца $^{82}_{208}\text{Pb}$ принимается единым для всех химических элементов. Отметим,

что на месте свинца мог быть другой химический элемент, например, вольфрам ${}_{184}^{74}\text{W}$ (где $m_c = 1,660096236 \cdot 10^{-27}$ кг) который тоже часто использовался в экспериментах по определению G (см. раздел 2). В этом случае коэффициент был бы равным $1,001918138 \text{ м}^2$. Как видим, отличия между коэффициентами чрезвычайно малы и поэтому их замена на результаты дальнейшего исследования повлиять не может.

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

Определим величину G гравитационного поля, образуемого атомами вольфрама. (Вольфрам тоже часто использовался в экспериментах по определению величины G , смотр. раздел 2). 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: $m_c = \frac{183,9509312}{184} 1 \text{ а. е. м.} = 1,660096236 \cdot 10^{-27}$ кг. Применим формулу 1-12. В результате получим величину $\mathbf{G = 6,6746 \cdot 10^{-11}}$. 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: $m_c = \frac{194,9647911}{195} 1 \text{ а. е. м.} = 1,660239242 \cdot 10^{-27}$ кг. Применим формулу 1-12 и получим: $\mathbf{G = 6,6744 \cdot 10^{-11}}$. Относительная разница с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составляет **0,0015%**.

Определим величину G для иридия. (Иридий на 10% входит в состав международного эталона килограмма). Природный иридий состоит из смеси 2-х стабильных изотопов, где наибольший удельный вес приходится на изотоп ^{77}Ir . Атомная масса ^{77}Ir : 192,9629264 а.е.м. <https://goo.su/TgOxZQ>
 Масса атомной ячейки ^{77}Ir составит: $m_c = \frac{192,9629264}{193} 1 \text{ а. е. м.} = 1,660220091 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Применим формулу 1-12 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 ^2_4He : $m_c = \frac{4,002603254130}{4} 1 \text{ а. е. м.} = 1,661619767 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

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

2. Азот $^7_{14}\text{N}$: $m_c = \frac{14,003074004251}{14} 1 \text{ а. е. м.} = 1,660903673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

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

3. Кислород $^8_{16}\text{O}$: $m_c = \frac{15,9949146193}{16} 1 \text{ а. е. м.} = 1,660011286 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

G = 6,6759 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,024%) <https://goo.su/8bZ3mZ>

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

G = 6,6760 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,025%) <https://goo.su/3Qx8U1>

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

G = 6,6761 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,027%) <https://goo.su/hrD5Miv>

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

G = 6,6766 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,034%) <https://goo.su/HTk1>

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

G = 6,6765 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,033%) <https://goo.su/pCAIQGU>

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

G = 6,6763 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,031%) <https://goo.su/3EReg>

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

G = 6,6760 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,025%) <https://goo.su/dpSGJN>

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

G = 6,6757 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,02%) <https://goo.su/KqoXwc>

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

G = 6,6755 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,018%) <https://goo.su/UnG0>

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

G = 6,6744 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,0015%) <https://goo.su/x3kUaYR>

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

G = 6,6744 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,0015%) <https://goo.su/wIqGm0>

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

G = 6,6738 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,007%) <https://goo.su/wS726Eu>

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

G = 6,6736 · 10⁻¹¹ (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/1znly7>

Как видим, относительная разница полученных значений G с величиной $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ и 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 1-12 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 измерительных приборов невозможно.

Подобные расчёты величины G можно применить **ко всем химическим элементам** таблицы Менделеева, включая изотопы. При этом полученные результаты покажут (проверено автором), что **колебания величины G у 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 ${}_1^1H$ (протий) имеет массу 1,007825031898 а. е. м. <https://goo.su/aKILwOu> Атом ${}_1^1H$ состоит из протона и электрона, поэтому его атомная масса одновременно является массой атомной ячейки, где $m_c = \frac{1,007825031898}{1}$ 1 а. е. м = $1,673574827 \cdot 10^{-27}$ кг. Согласно формуле 1-12 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 всех химических элементов произошёл дефект массы, а в**

водороде его не было. К сожалению, измерить в лабораторных условиях (даже с очень большой погрешностью) величину **G** водорода современная наука не может. Это объясняется тем, что водород является газом и самым лёгким химическим элементом.

Теоретически максимальное значение гравитационной постоянной может наблюдаться в гравитационном поле наиболее массивных чёрных дыр, где сжатие вещества достигло предельного состояния, когда $m_c = m_{pa} = 1,485232054 \cdot 10^{-27}$ кг. Отсюда согласно 1-12 получим:

$$G_{max} = \frac{k e_{pa}}{m_{pa}} = 6,91331 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \quad (1-13)$$

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

$$E = G_1 \frac{m_1}{R^2} + G_2 \frac{m_2}{R^2} + \dots + G_n \frac{m_n}{R^2} \quad (1-14)$$

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 производства прикладных расчётов получим знакомую формулу гравитационного поля:

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

В конце статьи рассмотрим вопрос скорости распространения света в контексте полученных в этом исследовании результатов. Для этого обратимся к формуле 1-1 и подчеркнём, что $m_{pa} = \frac{2G}{c^2}$ является константой.

$$\text{Отсюда получим: } c = \sqrt{\frac{2G}{m_{pa}}} \quad (1-15)$$

Как видим, формула 1-15 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 1-15 (где присутствует корень квадратный) отличия между величинами скорости света будут ещё меньше. Для примера возьмём кислород $^{16}_8O$, 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 1-15 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.

Результаты.

В этом исследовании через применение решения Шварцшильда с использованием фундаментальных физических констант (скорость в вакууме, гравитационная постоянная) была определена масса структурной частицы

(protoатома) наиболее плотных чёрных дыр. Полученный результат ($1,4852 \cdot 10^{-27}$ кг) позволил через дальнейшие физико-математические расчёты определить величину двух противоположных зарядов protoатома. Полученное значение заряда ($1,603473082 \cdot 10^{-19}$ Кл) практически полностью совпало с рекомендованной CODATA величиной элементарного заряда ($1,602176634 \cdot 10^{-19}$ Кл). Расхождение составило всего **0,098%**. Этот результат интересен прежде всего тем, что величина элементарного заряда была определена через другие физические константы: гравитационную постоянную, скорость света и массу атомной единицы химического элемента (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, где относительная разница с величиной $6,6743 \cdot 10^{-11}$ составила 0,26%). Причина колебаний величины G указана в исследовании (см. 3 раздел).

Также в 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).

4. Заключение.

Отличительной особенностью этого исследования является то, что оно базируется исключительно на физических константах. Исследование в этом направлении будет продолжено.

5. Декларация.

Автор исследования: Андрей Чернов.