

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 исследования лежит концепция существования протоатомов до момента Большого Взрыва. Физические параметры протоатома определялись на основе величины элементарного заряда через применение решения Шварцшильда. С учётом превращения протоатомов в атомы химических элементов через решение уравнений **была получена формула гравитационной постоянной.**

Новая формула 1-11 базируется на физических постоянных: величине элементарного заряда, скорости света в вакууме и единице атомной массы химических элементов (не путать с 1 а.е.м., см. исследование).

Отличительной особенностью формулы 1-11 является то, что она не содержит дополнительных показателей и коэффициентов для цели корректировки величины G . Полученный по формуле результат составил $G = 6,6664 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$. Он различается с рекомендованным CODATA значением $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ на **0,12%**. Это сопоставимо с расхождениями при экспериментальных измерениях величины G . (Причины расхождения на 0,12% изложены в исследовании).

В исследовании на примере 25 расчётов величины G было доказано, что гравитационная постоянная **не является постоянной величиной** в строгом смысле этого слова. Расчёты показали, что **значение G колеблется пределах тысячных и сотых долей процента.**

В этом исследовании была определена масса протоатома, которая составила: $m_{pa} = 1,4822 (\pm 13) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

Получены другие результаты, имеющие научное значение.

Ключевые слова. Большой Взрыв, космологическая сингулярность, протоатом, масса протоатома, единица атомной массы химического элемента, атомная ячейка, 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.

До Большого Взрыва Вселенная представляла собой огромную массу, состоящую из плотно сближенных протоатомов. Эти протоатомы представляли из себя плотно сближенные пары из протона и электрона, имеющие каждый элементарный заряд **q**. Заряд протоатома равен **арифметической сумме** двух элементарных зарядов. В результате каждый протоатом создавал гравитационное поле, численно равное:

$$e_{pa} = 4q^2 = 10,26787987 \cdot 10^{-38} \text{ м/с}^2 \quad (1-1)$$

где e_{pa} – величина гравитационного поля протоатома, м/с^2 (в процессе исследования величина e_{pa} получит подтверждение).

q – величина элементарного заряда, $1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

В отличие от электромагнитного поля, где коэффициент пропорциональности равен $9 \cdot 10^9$, у **гравитационного поля этот коэффициент равен единице**. (В области космологической сингулярности переход " Кл^2 " в " м/с^2 " происходит без применения коэффициентов перевода единиц измерений). Также заметим, что в связи с отсутствием пространства в Протовселенной, гравитационное поле протоатома имело **единственное** значение.

Масса протоатома составляла следующую величину:

$$m_{pa} = \frac{2G}{c^2} \quad (1-2)$$

где G – гравитационная постоянная (величина G будет определена в процессе исследования через другие физические константы)

c – скорость света в вакууме, $c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

(В области космологической сингулярности переходы единиц измерений происходят без применения коэффициентов перевода единиц измерений).

На этом этапе исследования выражение $m_{pa} = \frac{2G}{c^2}$ **необходимо принять, как постулат**, который в процессе исследования получит подтверждение. Отметим, что этому постулату принадлежит важная роль в получении формулы гравитационной постоянной.

Выражение $\frac{2G}{c^2}$ взято из решения Шварцшильда: $R = \frac{2G}{c^2} \cdot M$

Это решение описывает гравитационный радиус чёрной дыры. В этом исследовании принимается положение, что решение Шварцшильда также распространяется на Протовселенную. **Все характеристики решения Шварцшильда определяются одним показателем – массой.** Поэтому с точки зрения физики выражение $\frac{2G}{c^2} \text{ м/кг}$ следует рассматривать не как абстрактный математический показатель «м/кг», а как структурную единицу массы Протовселенной, которой является протоатом. (При этом обратим внимание на тот факт, что **до Большого Взрыва гравитационной постоянной не существовало**, потому что не было расстояния между протоатомами. Поэтому гравитационная постоянная появляется только после Большого Взрыва).

После Большого Взрыва протоатомы (которые, напомним, состоят из протона и электрона) **существенно увеличили свою массу** и превратились в атомы водорода. Затем в результате гравитационного сжатия масс водорода (с выделением энергии и небольшим дефектом массы) произошло образование всех других химических элементов (гелия, кислорода, углерода,

свинца, железа и т.д.). Образовавшиеся атомы химических элементов имеют в составе атомов равное количество электронов и протонов (то есть, условные пары из протона и электрона) а также нейтроны, которые тоже можно рассматривать, как пары из протона и электрона. Таким образом **увеличивший свою массу протоатом вошёл в состав всех химических элементов в виде условной атомной ячейки.** Количество таких атомных ячеек в атоме химического элемента определяется по формуле: $n = A + B$, где A – количество пар электронов и протонов в атоме, B – количество нейтронов. Чтобы определить массу атомной ячейки химического элемента m_c , необходимо разделить массу атома m_a на количество атомных ячеек n : **$m_c = m_a / n$.**

В качестве первого примера, определим массу атомной ячейки 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 атомная единица массы $1 \text{ а.е.м.} = 1/12 {}^{12}_6\text{C} = 1,660539066 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Отсюда масса атомной ячейки **m_c равна $1,660539066 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.**

Теперь определим массу атомной ячейки свинца. Свинец особенно часто использовался в экспериментах по определению величины гравитационной постоянной (опыт Кавендиша и др.). По этой причине m_c свинца будет использована в этом исследовании для определения величины гравитационной постоянной.

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: $m_a = 207,9766521 \text{ а.е.м.}$ <https://goo.su/fqZ4> (Ссылка на источник указана по причине того, что **в периодической таблице Менделеева указана усреднённая атомная масса всех изотопов химического элемента. Поэтому для получения точной массы конкретного атома этой таблицей пользоваться нельзя**). Атом ${}^{208}_{82}\text{Pb}$

состоит из 82 электронов, 82 протонов, 126 нейтронов. Поэтому $n=208$. В результате масса атомной ячейки ${}_{208}^{82}\text{Pb}$ составит:

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

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: ${}_{204}^{82}\text{Pb}$, ${}_{206}^{82}\text{Pb}$, ${}_{207}^{82}\text{Pb}$).

На основании всего вышеизложенного m_c можно дать второе название: **единица атомной массы химического элемента**.

Теперь переходим к одному из важных моментов исследования:

Между физическими параметрами протоатома (массой m_{pa} и гравитационным полем e_{pa}) и геометрическими параметрами сферы (объёмом V и площадью поверхности S) существует прямая аналогия. Она заключается в том, что увеличение гравитационного поля протоатома при увеличении его массы происходит в той же пропорции, в которой происходит увеличение площади поверхности сферы при увеличении объёма 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 следующим образом: $\sqrt[2]{\frac{S_1}{S_2}} = \sqrt[3]{\frac{V_1}{V_2}}$ или $\frac{S_1}{S_2} = \sqrt[3]{\frac{V_1^2}{V_2^2}}$ (1-4)

Заметим, что точно такая же пропорция (1-4) будет у любых других объёмных фигур (куб, октаэдр, додекаэдр, икосаэдр, цилиндр, параллелепипед, эллипсоид и др.) при увеличении их объёма. Главное, чтобы при этом не нарушались пропорции сторон фигуры.

Теперь на основании аналогии геометрических параметров сферы (или другой фигуры) и физических параметров протоатома, получим:

$$\frac{e_{pa}}{e_c} = \sqrt[3]{\frac{m_{pa}^2}{m_c^2}} \quad (1-5)$$

где m_{pa} – масса протоатома.

m_c – масса, увеличившего свою массу протоатома или масса атомной ячейки.

e_{pa} – гравитационное поле протоатома.

e_c – гравитационное поле атомной ячейки.

$$\text{На основании (1-5) получим: } e_c = e_{pa} \sqrt[3]{\frac{m_c^2}{m_{pa}^2}} \quad (1-6)$$

Образовавшиеся после Большого Взрыва атомные ячейки распространили гравитационное поле в образовавшееся пространство. Вследствие этого гравитационное поле стало уменьшаться пропорционально квадрату расстояния: $E = \frac{e_c}{R^2} \quad (1-7)$

В результате атомные ячейки образовали общее гравитационное поле атома: $E = \frac{e_c}{R^2} n$, где n – количество атомных ячеек в атоме, $n = \frac{m_a}{m_c}$

$$\text{Отсюда } E = \frac{e_c}{R^2} \frac{m_a}{m_c} \text{ или } E = \frac{e_c}{m_c} \frac{m_a}{R^2}, \text{ где } \frac{e_c}{m_c} = G \quad (1-8)$$

(Вышеизложенные формулы по шагам показывают, как во Вселенной вместе с расстоянием появилась гравитационная постоянная).

На основании ф. 1-8 напомним классическую формулу гравитационного поля: $E = G \frac{m_a}{R^2}$, где $G = \frac{e_c}{m_c} \quad (1-9)$

С учётом, что $G = \frac{e_c}{m_c}$ и $e_c = e_{pa} \sqrt[3]{\frac{m_c^2}{m_{pa}^2}} \quad (1-6)$, получим:

$$G = \frac{e_{pa}}{\sqrt[3]{m_c m_{pa}^2}} \quad (1-10)$$

С учётом того, что $m_{pa} = \frac{2G}{c^2} \quad (1-2)$ получим формулу:

$$G = \sqrt[5]{\frac{e_{pa}^3 c^4}{4m_c}} \quad (1-11)$$

Полученная формула содержит только известные физические величины и не имеет никаких дополнительных коэффициентов.

Подставим в формулу 1-11 массу ячейки свинца, где $m_c = 1,660352671 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (1-3)$, и в результате получим:

$$G = 6,6664 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \quad (1-12)$$

Относительная разница с рекомендованным CODATA значением $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составила **0,12%**. Этот результат **на порядок точнее** результата

эксперимента Кавендиша, где полученная величина G была равна $6,754 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$ (относительная разница **1,2%**) и сопоставим с разбросом результатов современных экспериментов по определению величины G (см. раздел 2).

Учитывая огромную разницу по величине между подкоренными значениями чисел в формуле 1-11, с математической точки зрения случайное совпадение расчётного и экспериментального значений G (с расхождением всего на 0,12%) **исключено**. Поэтому возвращаясь к началу исследования, можно заключить, что полученное по формуле 1-11 значение $G = 6,6664 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$ **подтвердило находящийся в основе этой формулы постулат 1-2 и значение e_{pa} (ф. 1-1)**.

Разберём причины появления расхождения на 0,12%. Такими причинами могли быть:

1) Сумма погрешностей экспериментальных измерений атомной массы, элементарного заряда, скорости света и сравнительно невысокая точность экспериментальных измерений величины гравитационной постоянной (см. 2 раздел).

2) В (1-5) может быть очень незначительная диспропорция.

Учитывая малую величину – 0,12%, можно заключить, что **только первая причина (без участия второй причины)** привела к появлению этого расхождения.

Введём в формулу 1-11 поправочный коэффициент и получим рабочую формулу для расчёта величины гравитационной постоянной:

$$G = k \sqrt[5]{\frac{e_{pa}^3 c^4}{4m_c}} = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \quad (1-13)$$

где k – поправочный коэффициент, $1,001181374 \text{ м}^{2\frac{1}{7}} \cdot \text{кг}^{-\frac{4}{5}}$

Этот поправочный коэффициент на основе атомной ячейки свинца $^{82}_{208}\text{Pb}$ принимается единым для всех химических элементов. (Заметим, что на месте свинца мог быть другой химический элемент, например, вольфрам,

который тоже часто использовался в экспериментах по определению величины **G**). В этом случае поправочный коэффициент был бы равным 1,001150442, то есть практически бы не изменился по величине).

Произведём по формуле 1-13 расчёты величины **G** химических элементов. Начнём с углерода $^{12}_6\text{C}$, где $m_c = 1 \text{ а.е.м.} = 1,660539066 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ (см. выше в исследовании). Применим формулу 1-13 и получим: **G** = **$6,6742 \cdot 10^{-11}$** . Относительная разница с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составляет **0,0015%**.

Определим величину **G** для 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 $^{184}_{74}\text{W}$: 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 (1-13). В результате получим величину **G** = **$6,6745 \cdot 10^{-11}$** . Относительная разница с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составляет **0,003%**.

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 1-13 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 1-13 и получим: **G** = **$6,6744 \cdot 10^{-11}$** . Относительная разница с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составляет **0,0015%**.

Для полноценного анализа проведём в сокращённом виде 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):

1. Гелий ${}^4_2\text{He}$: $m_c = \frac{4,002603254130}{4}$ 1 а. е. м. = $1,661619767 \cdot 10^{-27}$ кг

$G = 6,6733 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,015 %) <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

$G = 6,6739 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,006%) <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

$G = 6,6746 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,0045%) <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

$G = 6,6746 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,0045%) <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

$G = 6,6747 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,006%) <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

$G = 6,6750 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,01%) <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

$G = 6,6750 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,01%) <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.

$G = 6,6752 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,013%) <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

$G = 6,6753 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,015%) <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.

$G = 6,6754 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,016%) <https://goo.su/hrD5Miv>

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

$G = 6,6757 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,02%) <https://goo.su/HTk1>

12. Медь $^{29}_{63}\text{Cu}$: $m_c = \frac{62,9295975}{63} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,658683414 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 $G = 6,6756 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,019%) <https://goo.su/pCAIQGU>
13. Рубидий $^{37}_{85}\text{Rb}$: $m_c = \frac{84,911789738}{85} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,658815812 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 $G = 6,6755 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,018%) <https://goo.su/3EReg>
14. Серебро $^{47}_{107}\text{Ag}$: $m_c = \frac{106,9050915}{107} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659066176 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$
 $G = 6,6753 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,015%) <https://goo.su/dpSGJN>
15. Йод $^{53}_{127}\text{I}$: $m_c = \frac{126,904473}{127} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,65929004 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 $G = 6,6751 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,012%) <https://goo.su/KqoXwc>
16. Церий $^{58}_{140}\text{Ce}$: $m_c = \frac{139,9054387}{140} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,659417475 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 $G = 6,6750 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,01%) <https://goo.su/UnG0>
17. Золото $^{79}_{197}\text{Au}$: $m_c = \frac{196,9665687}{197} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660257269 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 $G = 6,6744 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,0015%) <https://goo.su/x3kUaYR>
18. Ртуть $^{80}_{202}\text{Hg}$: $m_c = \frac{201,9706436}{202} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660297742 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
 $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0 %) <https://goo.su/wIqGm0>
19. Радий $^{88}_{226}\text{Ra}$: $m_c = \frac{226,0254098}{226} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660725765 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$
 $G = 6,6740 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,0045%) <https://goo.su/wS726Eu>
20. Уран $^{92}_{238}\text{U}$: $m_c = \frac{238,0507882}{238} \cdot 1 \text{ а. е. м.} = 1,660893418 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$
 $G = 6,6739 \cdot 10^{-11}$ (Относительная разница 0,006%) <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 1-13 присутствует **корень в пятой степени**, то значения гравитационных постоянных будут **на два с половиной порядка ближе** между собой по величине, чем значения масс 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 имеющихся измерительных приборов и оборудования пока невозможно.

Подобные расчёты величины G можно применить **ко всем химическим элементам** таблицы Менделеева, включая все 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, за исключением водорода.** Причина отличия водорода заключается в более массивной атомной ячейке, чем у всех 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 1-13 получим: $G = 6,6637 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$. Таким образом, относительная разница с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составляет **0,16%**.

Обстоятельство, что масса атомных ячеек водорода больше массы атомных ячеек других химических элементов объясняется тем, что в процессе эволюции Вселенной **в атомах всех химических элементов произошёл дефект массы, а в водороде его не было.** К сожалению, измерить в наземных лабораторных условиях (даже с очень большой погрешностью) величину гравитационной постоянной водорода современная наука пока не может. Это объясняется тем, что водород является газом и очень лёгким химическим элементом.

Для определения массы протоатом преобразуем формулу 1-10 в формулу для расчёта массы протоатом: $m_{pa} = \sqrt{\frac{e_{pa}^3}{m_c G^3}} \quad (1-14)$

В качестве исходных данных для этой формулы возьмём уже знакомую единицу атомной массы свинца $^{82}_{208}\text{Pb}$: $m_c = 1,660352671 \cdot 10^{-27}$ кг, рекомендованное CODATA значение $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ и $e_{pa} = 10,26787987 \cdot 10^{-38}$ м/с²(1-1). В результате получим $m_{pa} = 1,4809 \cdot 10^{-27}$ кг. Теперь подставим в (1-14) второе значение $G = 6,6664 \cdot 10^{-11}$ (1-12) и получим $m_{pa} = 1,4835 \cdot 10^{-27}$ кг.

В результате получим среднее значение: $m_{pa} = 1,4822 \cdot 10^{-27}$ кг

Таким образом, с учётом погрешностей экспериментальных измерений (см. выше в исследовании) масса протоатома составит:

$$m_{pa} = 1,4822 (\pm 13) \cdot 10^{-27} \text{ кг} \quad (1-15)$$

Подчеркнем, что в отличие от значения гравитационной постоянной G , которая в строгом смысле этого слова не является постоянной величиной, масса протоатома m_{pa} является постоянной величиной.

Допустимый интервал значений m_{pa} , равный $26 \cdot 10^{-31}$ кг был введён в формулу (1-15) в связи с техническими погрешностями экспериментальных измерений. (Этот интервал может быть уточнён и сокращён в процессе дальнейших экспериментальных измерений величины G , элементарного заряда, атомной массы, скорости света).

Коротко коснёмся вопроса величины гравитационного поля E , которое образует масса M , состоящая из разных химических элементов, на расстоянии R от массы M :

$$E = G_1 \frac{m_1}{R^2} + G_2 \frac{m_2}{R^2} + \dots G_n \frac{m_n}{R^2} \quad (1-16)$$

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

4. Результаты.

В этом исследовании на основе концепции протоатомов были получены следующие результаты:

Получена формула гравитационной постоянной. Формула 1-11 базируется на физических постоянных: величине элементарного заряда, скорости света в вакууме и массе атомных ячеек химических элементов (единице массы химического элемента). Отличием **формулы 1-11** от всех предлагаемых формул гравитационной постоянной, является отсутствие дополнительных коэффициентов и показателей для цели корректировки величины **G**. Полученный по формуле результат составил $G = 6,6664 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$. Таким образом, относительная разница с $G = 6,6743 \cdot 10^{-11}$ составила **0,12%**. Учитывая огромную разницу по величине между подкоренными значениями чисел в формуле 1-11, случайное совпадение расчётного и экспериментального значений **G** (с расхождением всего на 0,12%) **исключено**.

Причинами расхождения могли явиться:

1) Погрешности экспериментальных измерений атомной массы, элементарного заряда, скорости света в вакууме и сравнительно невысокая точность экспериментальных измерений величины гравитационной постоянной (см. 2 раздел).

2) В (1-5) может быть очень незначительная диспропорция.

Учитывая малую величину - 0,12%, можно заключить, что **только первая причина** (без участия второй причины) привела к появлению расхождения.

Другим важным результатом этого исследования явилось то, что **гравитационная постоянная не является постоянной величиной в строгом смысле этого слова**. Для доказательства этого в формулу 1-11 был

введён поправочный коэффициент $k=1,001181374$, учитывающий погрешности экспериментальных измерений. В результате была получена рабочая формула 1-13 для расчёта величины G . По этой формуле были произведены 25 расчётов гравитационной постоянной с участием химических элементов, взятых из всех химических групп таблицы Менделеева. **Эти расчёты показали, что значение G колеблется пределах тысячных и сотых долей процента для всех химических элементов.** (Единственным исключением является водород, где относительная разница с величиной $6,6743 \cdot 10^{-11}$ составила 0,16%). Причина колебаний величины G связана с разной массой атомных ячеек химических элементов (см. 3 раздел).

Важным результатом этого исследования является определение массы протоатома. В отличие от значения гравитационной постоянной G , которая в строгом смысле этого слова не является постоянной величиной, масса протоатома m_{pa} является постоянной величиной. С учётом погрешностей экспериментальных измерений (см. выше) масса протоатома составила: **$m_{pa} = 1,4822 (\pm 13) \cdot 10^{-27}$ кг.**

Также в этом исследовании был освещён вопрос величины гравитационного поля, которое образуется массой, которая состоит из атомов разных химических элементов.

5. Заключение.

Отличительной особенностью этого исследования является то, что оно было проведено на новой теоретической базе, которая подробно описана в предыдущих разделах. Исследование в этом направлении будет продолжено.

6. Декларация.

Автор исследования: Андрей Чернов.