

Расчет гравитационной постоянной G

Закон гравитационного взаимодействия гласит, сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками массы, разделёнными расстоянием, пропорциональна обоим массам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Гравитационная постоянная создаёт уравнение из этой взаимосвязи, это одна из важных универсальных констант природы. Чтобы определить эту константу, которая также была названа в честь Ньютона, в прошлом использовались исключительно механические методы, которые подвержены множеству искажений, поэтому G до сих пор применяется как константа с большой неточностью.

Для сравнения, неопределенность расчета обусловлена только точностью используемых естественных констант. В прошлом было несколько бесполезных попыток вычислить G [1]. Далее автор показывает на основе теории, созданной в [2], [3]. Основы новой возможности математического определения гравитационной постоянной.

Расчеты приводят к снижению неопределенности G на несколько порядков в пределах досягаемости. Первоначальное определение с помощью двух противоположных электронов на расстоянии r кажется очевидным. Аналогично закону Кулона, в котором заряды с разными знаками притягиваются друг к другу, гравитацию можно понимать как притяжение противоположных полюсов, в результате чего кулоновская сила F_c и гравитационная сила F_g сильно различаются по величине:

$$F_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{e^2}{r^2} = 2.307077 \times 10^{-22} N$$

$$F_g = G \frac{m_e^2}{r^2} = 5.536972 \times 10^{-65} N$$

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \left(\frac{e}{m_e}\right)^2}{G} = 4.166 \times 10^{42}$$

Отношение $\frac{F_c}{F_g}$ также называется числом Эддингтона, и даже для Фейнмана баланс сил между двумя взаимодействующими электронами имел большое значение.

Отношение $\frac{F_c}{F_g}$ можно заменить на выражение $\frac{N^2}{24}$, где N называется большим числом [2]. Прежде всего, предполагается, что $G=6.67259(85)\times 10^{-11}[\frac{m^3/kg}{s^2}]$ признано Международным комитетом по кодатам в 1986 году [4].

$$\frac{F_c}{F_g} = \frac{N^2}{24} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times (\frac{e}{m_e})^2}{G}$$

$$N = \sqrt{\frac{24 \times (\frac{e}{m_e})^2}{4\pi\epsilon_0 G}} = 1.000001155 \times 10^{22} \quad (1)$$

Результат показывает, что Большое число N является большим числом около 1×10^{22} . В 1986 году такие данные, как $G=6.672605 \times 10^{-11}$, были типичными, при этом большое число $N=1 \times 10^{22}$ предполагалось без дальнейшего объяснения [3]. Отношение между массой и естественными константами определяется следующим образом: масса Планка соответствует M_o без $\frac{\pi}{2}$ Планка 1900 года. Z_o - характеристическое сопротивление вакуума [3].

$$kg = 10^7 \frac{A}{V} \times \frac{2\alpha}{3} \times M_o Z_o$$

Эти уравнения соединяются с другими константами природы, а его расширение предлагает возможность определения G_o в качестве основы для исходных данных для определения большого числа N_o . Далее буква b используется для постоянной тонкой структуры α .

$$\frac{kg/m}{s} = 4\pi \times \frac{2}{3} b c \times \sqrt{\frac{hc}{G}}$$

$$\left(\frac{kg \times m}{s}\right)^2 = \left(4\pi \times \frac{2}{3} b c\right)^2 \times \frac{hc}{G}$$

$$G_0 = \frac{64}{9} \times \pi^2 b^2 h \frac{c^3}{\left(\frac{kg \times m}{s}\right)^2} = 6.672460436911 \times 10^{-11} \quad (2)$$

$$G_0 = \frac{\frac{m^2 \times kg}{s} \times \frac{m^3}{s^3}}{\left(\frac{kg \times m}{s}\right)^2} = \left[\frac{m^3/kg}{s^2}\right]$$

Индекс 0 в G_0 относится к использованию значения для дальнейших расчетов.

После преобразования уравнения (1) получаем

$$G = \frac{24}{4\pi e_0} \times \frac{\left(\frac{e}{m_e}\right)^2}{N^2}$$

И с подстановкой $e^2 = 4\pi e_0 c^2 m_e r_e$ получается абсолютно минимальный вариант уравнения для вычисления G :

$$G = 24 c^2 \frac{r_e}{m_e N^2} \left[\frac{m^3/kg}{s^2}\right] \quad (3)$$

Приравнявая уравнение (3) к уравнению (2), N может быть получено следующим образом:

$$\frac{c^2 r_e}{m_e} \times \frac{24}{N^2} = \frac{\frac{64}{9} \times \pi^2 b^2 h c^3}{\frac{kg \times m^2}{s}}$$

$$N_0 = \frac{\frac{3}{8} \times \sqrt{\frac{24 r_e}{c h m_e}}}{\pi b} \times \frac{kg \times m}{s}$$

$$N_0 = \frac{3}{4} \times \sqrt{\frac{6 r_e}{c h m_e}} \times \frac{kg \times m}{s} = 1.000010863884 \times 10^{22} \quad (4)$$

$$N_0 = \sqrt{\frac{m \times \frac{s}{m} \times \frac{kg}{m^2}}{kg}} \times \frac{kg \times m}{s} = \text{безразмерный}$$

Индекс на N_0 указывает на основу для дальнейших расчетов. Относительная неопределенность N_0^2 связана с неопределенностью констант, связанных с $r_e \pm 6.8 \times 10^{-10}$, $h \pm 1.2 \times 10^{-8}$ и $m_e \pm 1.2 \times 10^{-8}$, сумма которых равна $\pm 2.5 \times 10^{-8}$. Кодата опубликовала следующие значения G в период с 1986 по 2014 год:

Таблица I

Значение кодата	Неопределенность	Дата
$G_1 = 6.67259 \times 10^{-11}$	$\pm 1.3 \times 10^{-4}$	1986
$G_2 = 6.67300 \times 10^{-11}$	$\pm 1.5 \times 10^{-3}$	1998
$G_3 = 6.67420 \times 10^{-11}$	$\pm 1.5 \times 10^{-4}$	2002
$G_4 = 6.67428 \times 10^{-11}$	$\pm 1.0 \times 10^{-4}$	2006
$G_5 = 6.67384 \times 10^{-11}$	$\pm 1.2 \times 10^{-4}$	2010
$G_6 = 6.67408 \times 10^{-11}$	$\pm 4.7 \times 10^{-5}$	2014

Данные показывают, что G достиг максимума в 2006 году, который потом снова падал в следующие годы. Родилась идея, связать эту тенденцию со снижением массы электрона m_e , которая, согласно преобразованному уравнению (3), приводит к G ,

то есть $m_e = 24 \frac{c^2 r_e}{G N^2}$. Эти величины были определены для точной оценки G_0 и N_0

, приведенным в уравнении (2) и (4). Это приводит к следующим отклонениям для отдельных годовых значений:

Таблица II

$G_0 = 6.6724604 \times 10^{-11}$	m_e -связанные отклонения	
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_0} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= 0.000	справочник
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_1} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= -0.194×10^{-4}	1986
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_2} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= -0.808×10^{-4}	1998
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_3} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= -2.606×10^{-4}	2002
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_4} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= -2.726×10^{-4}	2006
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_5} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= -2.067×10^{-4}	2010
$Abw = \frac{\frac{c^2 r_e}{G_6} \times \frac{24}{N_0^2}}{m_e}$	= -2.426×10^{-4}	2014

Из этих отклонений, связанных с массой электронов, было установлено, что увеличение G , указанное Кодата, также связано с уменьшением m_e , определяемым уравнением (3). Трудно было найти единственную причину, о которой идет речь. В период с 1986 по 2014 год массы, сообщенные мне Кодата, были незначительно уменьшены на $\frac{dm_e}{m_e} = -6.74 \times 10^{-7}$. Таким образом, это может быть только кардинальная ошибка в определении G в 1986 году, которая будет устраняться в течение многих лет. Первые признаки появились из-за влияния совместного движения протона в атоме водорода, что широко обсуждается в специальной литературе.

Конечное тяжелое ядро движется под воздействием массы электрона вокруг общего центра тяжести, что приводит к поправке постоянной R_y Ридберга

$$R_{y,real} = \frac{R_y}{1 + \frac{m_e}{m_H}} = -5.4 \times 10^{-4} . \text{ В то же время масса электрона увеличивается на его}$$

релятивистскую орбитальную скорость $\frac{v}{c} = 3.6 \times 10^{-3}$, что оказывает влияние на другие переменные, которые являются неполными, чтобы быть обнаруженными [5].

Уменьшение постоянной Ридберга с R_y до R_{yr} также относится к массе электрона,

$$\text{а также к } \frac{m_{e,real}}{m_e} = \frac{1}{1 + \frac{m_e}{m_H}} = -5.4 \times 10^{-4} . \text{ Для определения эффективной постоянной}$$

Ридберга R_{yr} используется частота водородного перехода, упомянутая Кодата в [6]:

$$\nu_H \left(\frac{1}{2} S_1 - \frac{2}{2} S_1 \right) = 2.4660614131870 \times 10^{15} \pm 4.2 \text{ Hz} \quad (71). \text{ Это приводит к реальной}$$

эффективной постоянной Ридберга R_{yr} :

$$R_{yr} = 2.4660614131870 \times 10^{15} \frac{\text{Hz}}{c} \times \frac{4}{3} = 10967860.58657 \left[\frac{1}{m} \right]$$

$$R_{yr} = 1.0967860586570 \times 10^7 \pm 1.8 \times 10^{-15} \left[\frac{1}{m} \right]$$

$$R_y = 1.0973731568508 \text{e}+7 \pm 5.9 \times 10^{-12} \left[\frac{1}{m} \right]$$

Постоянная Ридберга R_y считается самой точной естественной постоянной из всех известных. Безразмерное отношение Q между ним и действительной эффективной постоянной Ридберга является стержнем вычисления.

$$Q = \sqrt{\frac{R_{yr}}{R_y}} = 0.9997324625913 \pm 3.0 \times 10^{-12} \quad (5)$$

Разница $Q = \sqrt{\frac{R_{yr}}{R_y}} - 1 = -2.675374 \times 10^{-4}$ соответствует отклонению связанному с m_e , показанному в таблице II. Сравнение показывает, что это отношение можно использовать для преодоления проблем, упомянутых при воспроизведении правильных соотношений для атома H, а также при определении G в соответствии с уравнением (3). Исходя из этого, гравитационная постоянная может быть рассчитана с использованием уравнений (3), (4), (5).

$$N_0 = 1.000010863884 \times 10^{22}$$

$$N_0^2 = (1.000010863884 \times 10^{22})^2 \pm 2.5 \times 10^{-8}$$

$$Q = 0.9997324625913 \pm 3.0 \times 10^{-12}$$

$$G = 24 c^2 \frac{r_e}{m_e N^2}$$

$$G_{neu} = 24 c^2 \frac{r_e}{m_e Q N_0^2} = 6.67424604 \times 10^{-11} \left[\frac{m^3/kg}{s^2} \right] \quad (6)$$

Теперь мы рассмотрим, какие отклонения имеют достоверную информацию о G из литературы по сравнению с расчетным значением G_{neu} . Для этого в Таблице III для сравнения используются только достоверные значения, даже если они были вычислены несколько лет назад:

Таблица III

Номинал	Неопределенность	Источник	Год	Первоисточник
$G_a = 6.67425 \times 10^{-11}$	$\pm 1.26 \times 10^{-5}$	G World	1997	[7]
$G_b = 6.674215 \times 10^{-11}$	$\pm 1.38 \times 10^{-5}$	Uni Washington	2000	[7], [4]
$G_c = 6.67435 \times 10^{-11}$	$\pm 1.9 \times 10^{-5}$	UCI-14 Input	2014	[6]
$G_d = 6.67408 \times 10^{-11}$	$\pm 4.7 \times 10^{-5}$	Codata values	2014	[6]

Как показано в следующей таблице IV, все отклонения этих значений от расчетного значения $G_{neu} = 6.67424604 \times 10^{-11}$ находятся в пределах неопределенности, указанной авторами. Отношение рассчитанного отклонения к неопределенности составляет менее одного стандартного отклонения.

Таблица IV

Отношение	Отклонение	Девияция / Неопределенность
$\frac{Ga}{G_{neu}} - 1$	$+5.922 \times 10^{-7}$	0.047
$\frac{Gb}{G_{neu}} - 1$	-4.651×10^{-6}	0.337
$\frac{Gc}{G_{neu}} - 1$	$+1.557 \times 10^{-5}$	0.797
$\frac{Gd}{G_{neu}} - 1$	-2.487×10^{-5}	0.529

Сравнение результатов современных данных в соответствии с [7], таблица 7.5 с G_{neu} , показывает, что все допуски, указанные в них, соблюдаются. Это отличается от информации о G , приведенной Кодата в [6] таблице XV, где из 14 ссылок только следующие 5 соответствуют установленным для них допускам на погрешность:

Bagley and Luther (1997) LANL-97	$\frac{6.67398 \times 10^{-11}}{G_{neu}} - 1 = -3.98 \times 10^{-5}$
Gundlach and Merkowitz (2000, 2002)	$\frac{6.674255 \times 10^{-11}}{G_{neu}} - 1 = +1.34 \times 10^{-6}$
Kleinvoß, Kleinvoß et al. (2002)	$\frac{6.67422 \times 10^{-11}}{G_{neu}} - 1 = -3.90 \times 10^{-6}$
Schlamming et al. (2006) UZur-06	$\frac{6.67425 \times 10^{-11}}{G_{neu}} - 1 = +5.92 \times 10^{-7}$
Newman et al. (2014) UCI-14	$\frac{6.67435 \times 10^{-11}}{G_{neu}} - 1 = +1.55 \times 10^{-5}$

Таблица XV показывает, что некоторые значения G Кодата подвержены значительным отклонениям. Это становится понятным, если использовать среднее из 14 содержащихся значений с $G = 6.673671 \times 10^{-11}$ вместо G_{neu} , где только 4 из 14 значений находятся в указанном диапазоне допуска.

Для практического расчета G имеет смысл объединить результаты, приведенные в уравнении (4) и уравнении (5), в постоянную K .

$$K = (1.000010863884 \times 10^{22})^2 \times 0.9997324625913$$

$$K = N_0^2 Q = 9.997541846643 \times 10^{43} \pm 2.5 \times 10^{-8} \quad (7)$$

Из абсолютно минимального варианта уравнения (3) могут быть получены дополнительные уравнения путем замены радиуса r_e электрона один раз

соотношением, $r_e = b \frac{L_c}{2\pi}$ а затем соотношением: $r_e = \frac{b^3}{4\pi R_y}$

$$G_{neu} = 24 c^2 \frac{r_e}{m_e K} = 6.67424604 \times 10^{-11} \pm 3.7 \times 10^{-8} \left[\frac{m^3/kg}{s^2} \right]$$

$$G_{neu} = \frac{12 b c^2 \times \frac{L_c}{\pi m_e}}{K} = 6.67424604 \times 10^{-11} \pm 3.7 \times 10^{-8} \left[\frac{m^3/kg}{s^2} \right]$$

$$G_{neu} = \frac{\frac{6 c^2 b^3}{\pi m_e R_y}}{K} = 6.67424604 \times 10^{-11} \pm 3.7 \times 10^{-8} \left[\frac{m^3/kg}{s^2} \right]$$

Неопределенность в расчете G в основном определяется N_0^2 согласно уравнению (4) или постоянной $K \pm 2.5 \times 10^{-8}$ согласно уравнению (7). Кроме того, в уравнении (3) добавлена неопределенность массы электрона $m_e \pm 1.2 \times 10^{-8}$. Неточностью постоянных, которые еще присутствуют, можно пренебречь. ($b \pm 2.3 \times 10^{-10}$, $L_c \pm 4.5 \times 10^{-10}$, $r_e \pm 6.8 \times 10^{-10}$). Таким образом, неопределенность массы электрона m_e определяет общую ошибку вычисления G .

Фактическая причина неточности m_e - основная постоянная Авогадро с

$$N_A \pm 1.2 \times 10^{-8}, \text{ что ограничивает дальнейшее повышение точности } G. \text{ В}$$

принципе, точность G ограничивается в 3 раза неопределенностью N_A . Благодаря

усилиям СИ планируется приближение к $N_A = 6.022140758 \times 10^{23} \pm 1.0 \times 10^{-8} \left[\frac{1}{mol} \right]$ [8],

что указывает на будущие пределы точности G .

Г-ПОЛЕ ЭТО ЭНЕРГИЯ! Следовательно, нет «пустого» пространства. ДАЖЕ ЭЛЕКТРОН ВНОСИТ СВОЙ ВКЛАД (M. Geilhaupt)

Расчеты основаны на следующих константах:

$$b=7.297352568653\times 10^{-3}[\alpha]$$

$$c=2.99792458\times 10^8[\frac{m}{s}]$$

$$h=6.626070153139\times 10^{-34}[J\times s]$$

$$L_c=2.426310238167\times 10^{-12}[m]$$

$$m_e=9.109383707749\times 10^{-31}[kg]$$

$$N_A=6.022140758\times 10^{23}[\frac{1}{mol}]$$

$$r_e=2.817940325365\times 10^{-15}[m]$$

$$R_y=1.097373156852\times 10^7[\frac{1}{m}]$$

Литература

1. *E. Suckert*, Über Natur des Elektrons und Ursache der Gravitation, 2013.
2. *Prof. Dr. Manfred Geilhaupt*, Fundamental Unit Momentum, 1986
3. *Prof. Dr. Manfred Geilhaupt*, Basic Units of Physics, 1984
4. *Prof. Dr. Wolschin*, Schwierige Bestimmung einer Naturkonstante, 2001
5. *Samuel Miesch*, Atomare Spektren - Bohrsches Atom- Modell, 2003
6. *CODATA*, Recommended Values of the Fundamental Physical Constants, 2014
7. *Ulf Kleinevoß*, Bestimmung der Newtonschen Gravitationskonstante, 2002
8. *David Newell*, The CODATA 2017 values for the revision of the SI, 2018

Дипломированный инженер (FH) Kurt Vogel

Дата: 30.04.2019