

*Антипов Владимир Владимирович*

*инженер-конструктор*

*г. Рыбинск, Россия*

## **ОПЫТ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ПРИТЯЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ МАСС ДРУГ К ДРУГУ**

*Аннотация:* В статье представлен краткий обзор состояния дел в области измерения гравитационных сил. Предложено несколько вариантов конструкций установок для оценки сил гравитационного притяжения между материальными массами. Приведены фактические результаты проведённых опытов на одной из установок. По результатам опытов делается вывод об отсутствии сил притяжения между материальными массами.

*Ключевые слова:* притяжение материальных масс, оборудование для обнаружения притяжения, опыт по обнаружению притяжения.

Antipov Vladimir Vladimirovich

design engineer

Rybinsk, Russia

## **AN EXPERIMENT ON DETECTION OF ATTRACTION OF MATERIAL MASSES**

*Abstract:* The article provides a brief overview of the state of affairs in the field of measuring gravitational forces. Several design options for installations for assessing the forces of gravitational attraction between material masses have been proposed. The actual results of the experiments carried out on one of the installations are presented. Based on the results of the experiments, it is concluded that there are no forces of attraction between material masses.

*Key words:* attraction of material masses, equipment for detecting attraction, an experiment on detection of attraction.

Январь 2015г. Предисловие

**1. «Закон всемирного тяготения»** (в дальнейшем – ЗВТ) сформулирован И.Ньютоном (опубликован в **1687** году). В соответствии с этим законом два тела притягиваются друг к другу с силой, которая прямо пропорциональна массам этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Через сто лет (в **1798** году) Г.Кавендиш провёл серию опытов и экспериментально подтвердил ЗВТ (т.е. – что массы (тела) действительно притягиваются друг к другу), и на основании своих опытов определил плотность земли. Описание опыта [7].

Позднее, когда появилась математическая формула для расчёта силы притяжения ( $F=G*(m1*m2)/R^2$ ), результат Г.Кавендиша позволил вычислить значение гравитационной постоянной (G) [2].

**В дальнейшем, начиная с 1840-х годов** [8], но, в основном в **XX** веке, группы учёных в известных физических лабораториях, в разных странах проводили экспериментальные работы на более совершенном, чем у Г.Кавендиша, оборудовании. Это и торсионные (крутильные) весы, это и гравитационные (рычажные) весы, это и измерения с помощью атомной интерферометрии, и др. с целью уточнения числового значения гравитационной постоянной. Например [1], [2].

В 2014 году значение гравитационной постоянной (G), рекомендованное Комитетом по данным для науки и техники (CODATA), стало равным  $6,67408(31)*10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>·кг<sup>-2</sup>.

**2. Имеется большое** количество информации например [3; 4; 5; 6; 11]: **во-первых** ставящей под сомнение правильность **сформулированного И.Ньютоном** ЗВТ (в том смысле, что массы (тела) на самом деле **не** притягиваются друг к другу, а гравитация объясняется совсем другими причинами);

**во-вторых** ставящей под сомнение чистоту и объективность экспериментов, проводимых учёными, по измерению гравитационной постоянной, в том числе и **выполненного Г.Кавендишем** эксперимента.

### **Вниманию читателей предлагается**

описание и результаты физического опыта, призванного дать ответ на принципиальный вопрос: притягиваются ли массы (тела) друг к другу или не притягиваются.

Май 2015г. **Часть 1.**

### **О сомнениях в объективности опытов Г.Кавендиша.**

#### **Краткое описание опытов Г.Кавендиша.**

// Для обеспечения высокой чувствительности установки Г.Кавендиш использовал крутильные весы с деревянным коромыслом, подвешенным за середину на тонкой медной посеребрённой проволоке длиной 39,25 дюйма (99,7 см). 1 фут проволоки весил 2,4 грана (*1 гран=64,79891 мг - англ*). На плечах коромысла подвешены свинцовые шарики-грузы по 1,61 фунта (по **730 г**). Расстояние между центрами шариков равно 73,3 дюйма (т.е. каждый – на расстоянии 93,1 см от оси). На концах коромысла (на расстоянии 97,3 см от оси) закреплены пластинки из слоновой кости с делениями (шкала) для контроля величины поворота коромысла вокруг своей оси. От посторонних воздействий коромысло с грузами заключено в **узкий прямоугольный кожух** (Г.Кавендиш проводил опыт на изменённой установке, а не на той, что хранится в музее). Внутри кожуха на максимально близком расстоянии от конца коромысла закреплены также пластинки с делениями, которые совместно с пластинками на коромысле представляли собой шкалу нониуса, для

более точного определения величины смещения. **Снаружи кожуха** к грузам можно было приближать массивные свинцовые шары. Конструкция крепления массивных шаров, располагавшихся соосно с коромыслом, позволяла их перемещать при помощи специального блока по окружности либо в максимально близкое положение к грузикам, либо отводить в дальнее положение (Г.Кавендиш называл это (дальнее) средним положением). Массивные шары весили по 350 фунтов каждый (по **158 кг**). При сближении грузиков и массивных шаров расстояние между их центрами составляло 8,85 дюйма (**0,2248 м**). При сближении грузиков и массивных шаров коромысло поворачивалось (за счёт действия сил притяжения) на **15 делений** по шкале (каждое деление 1/20 дюйма), т.е. смещение равно **19,1 мм** (правильнее сказать – смещалось среднее положение колебаний коромысла). Следует отметить что, поскольку коромысло невозможно было установить в спокойное состояние (оно находилось постоянно в состоянии колебаний вокруг оси (с периодом около 15 минут) из-за внешних неопределённых причин), то величину смещения, вызываемую гравитационным притяжением грузиков и массивных шаров, Г.Кавендиш находил **расчётным** путём по **смещению средней точки колебаний** коромысла (по трём первым колебаниям, после изменения положения массивных свинцовых шаров).

**Примечание.** В научно-популярной литературе встречается значительное количество описаний опыта Г.Кавендиша. При этом приводятся самые разные технические характеристики установки. Если не принимать во внимание откровенные домыслы как например наблюдение за результатами опыта из другой комнаты через телескоп, то возможно это объясняется тем, что Г.Кавендиш проводил несколько серий опытов (*он говорил о 17 сериях опытов, а в общей сложности им было проведено около 30 опытов*), в которых заменял и проволоку подвеса коромысла с

грузиками, менялись и стержни подвеса массивных грузов, менялись и условия проведения опытов. Описание опыта [7; 8; 10]. //

Исходя из технических параметров установки и рекомендованной в настоящее время величины гравитационной постоянной, можно посчитать силы притяжения, которые **были в опыте Г.Кавендиша**, между шариками 730 г и массивными шарами 158 кг.

Следует иметь в виду, что закон всемирного тяготения справедлив для: однородных шаров, для материальных точек, для концентрических тел. В случае тел произвольной формы требуется суммировать взаимодействия между малыми частями каждого тела. [12]

$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ (Н} \cdot \text{М}^2/\text{кг}^2) \cdot 0,73 \text{ (кг)} \cdot 158 \text{ (кг)} / (0,2248 \text{ м})^2 = 15223,45 \cdot 10^{-11} \text{ Н,}$   
что соответствует **0,0155 мГ**. (1 грамм = 0.00980665 Н)

Так как в опыте **два** шарика и **два** массивных груза, то суммарное усилие скручивания медной проволоки (подвеса крутильных весов) равно  $0,0155 \text{ мГ} \cdot 2 = 0,03 \text{ мГ}$ .

Крутящий момент, действующий на проволоку подвеса:

$M = 93,1 \text{ см (длина плеча коромысла)} \cdot 0,03 \text{ мГ (усилие скручивания)}$   
 $= 2,8 \text{ мГ} \cdot \text{см}$ .

Таким образом: в опыте Г.Кавендиша крутящий момент величиной **2,8 мГ\*см** скручивал медную посеребренную проволоку длиной 99,7 см и диаметром около 0,27 мм (о величине диаметра см. далее) на **19,1 мм** по шкале, находящейся на расстоянии 97,3 см от оси.

Реально в опыте Г.Кавендиша сила притяжения между шариками и большими массами была направлена не по касательной (не перпендикулярно коромыслу), а по хорде окружности, по которой перемещались грузики и массы. Г.Кавендиш рассчитал уменьшение этой силы как 0,98:1, т.е. на 2%.

В нашем случае расчётное усилие скручивания используем не  $0,031\text{мГ}$ , а  $0,03\text{мГ}$ , это на  $(3,2\% - 2\%) = 1,2\%$  меньше, чем расчётная сила в опыте Г.Кавендиша).

**Вопрос:** мог ли крутящий момент  $M=2,8\text{ мГ}\cdot\text{см}$  скрутить медную проволоку в опыте Г.Кавендиша на указанный угол?

Для ответа на поставленный вопрос был проведён такой опыт/эксперимент.

Собрана установка (рисунок 1).

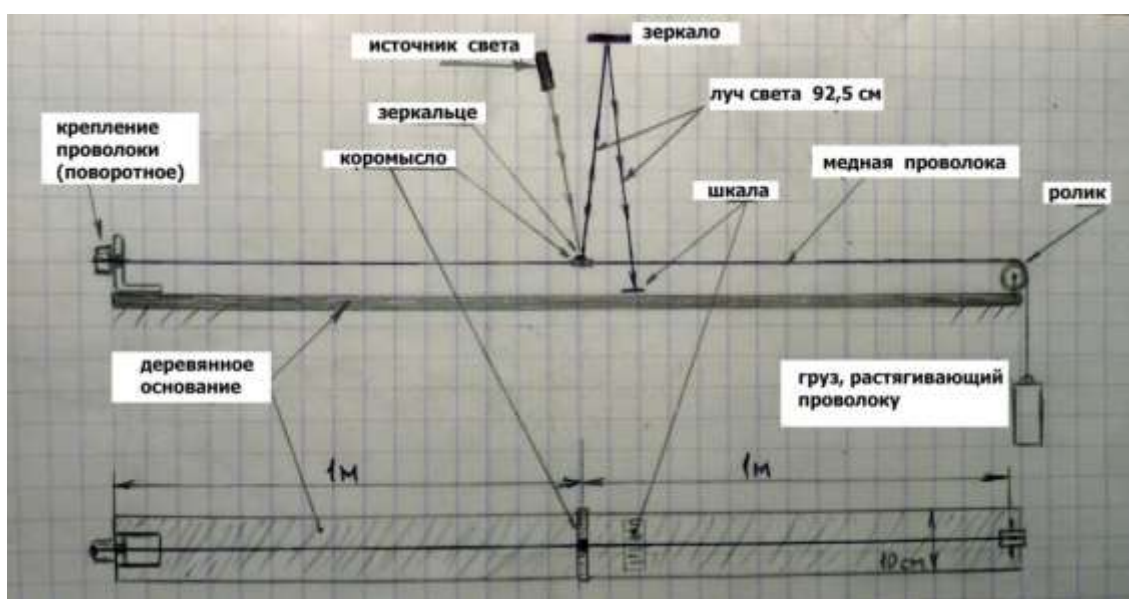


Рисунок 1.

### Пояснения к опыту.

Условия проведения опыта:

1. Проволока должна быть такой же, как в опыте Г.Кавендиша, что включает в себя: длину проволоки, диаметр медной проволоки, «жесткость» меди и толщину покрытия серебром; («жесткость» - терминология у Г.Кавендиша)
2. К проволоке должно быть приложено такое же растягивающее усилие (как в опыте Г.Кавендиша);
3. К проволоке должен быть приложен такой же крутящий момент (как в опыте Г.Кавендиша);

## **О проволоке.**

Длина проволоки-подвеса известна – **99,7 см.** Диаметр проволоки находим по известным характеристикам подвеса: «вес одного фута посеребрённой проволоки = 2,4 грана» и проволока не должна оборваться или вытягиваться при растягивающем усилии не менее 1500 грамм (практически для расчёта берём усилие на 33% больше).

Решаем уравнения.

$$(1) S_{\text{меди}} * 41 \text{ кг/мм}^2 + S_{\text{серебра}} * 25 \text{ кг/мм}^2 = (1,5 + 0,495) \text{кГ.}$$

(1,5кГ – вес конструкции коромысла с грузами; 0,495 – 33%; S – площадь поперечного сечения)

$$(2) S_{\text{меди}} * 304,8 \text{мм}(1 \text{фут}) * 8,9 \text{ мГ/мм}^3 (\text{удельный вес меди}) +$$

$$S_{\text{серебра}} * 304,8 \text{мм} * 10,5 \text{мГ/мм}^3 (\text{удельный вес серебра}) = 155,52 \text{мГ}$$

(2,4 грана).

В итоге получаем: диаметр **D** медной проволоки = **0,225мм,**

**D** посеребрённой проволоки = **0,264мм,**

**h** толщина серебряного покрытия = 19 микрометров.

### **Примечания:**

**1** - медная проволока после изготовления/вытяжки (марка МТ-медь твёрдая) имеет усилие на разрыв 40-43 кг/мм<sup>2</sup>; после отжига (марка ММ-медь мягкая) имеет усилие на разрыв ~20 кг/мм<sup>2</sup>; серебро имеет усилие на разрыв ~25 кг/мм<sup>2</sup>. В расчёте указана проволока из меди МТ, т.к. проволока из мягкой меди (ММ) даже диаметром **0,28мм** (что больше заявленного Г.Кавендишем веса 1 фута проволоки) **обрывается** при растягивающем усилии 1500г.

**2** - вместо посеребрённой проволоки общим диаметром **0,264 мм** для опыта используем **чисто медную проволоку такого же диаметра (0,264 мм).** Проволока из меди МТ (медь твёрдая). (В нашем случае проволока будет несколько прочнее «жестче», чем у Г.Кавендиша, т.к. фактически



«мягкое» серебряное покрытие толщиной 19 микрон заменено «жесткой» медью).

### **О растягивающем усилии.**

Вес коромысла с грузиками и растяжками жесткости в опыте Г.Кавендиша был не менее (1500-1600)г. Проволока подвеса не должна вытягиваться и обрываться в течение многочасовых опытов при случайных механических воздействиях на грузы и коромысло, а также при внешних вибрациях. Поэтому для расчёта полагаем, что проволока в опыте Г.Кавендиша выдерживала усилие на разрыв несколько больше, чем вес конструкции. В расчёте используем значение растягивающего усилия с запасом на 33%.

### **О крутящем моменте.**

Приложить крутящий момент к подвешенному коромыслу весьма сложно в связи с тем, что оно будет отклоняться в вертикальной плоскости, поэтому берём двое крутильных весов, соединяем их коромыслами в одну точку (будет одно общее коромысло), и располагаем эту конструкцию горизонтально (для удобства приложения крутящего момента). Растягивающее усилие реализуется с помощью соответствующего груза, натягивающего проволоку подвеса через ролик.

Поскольку в таком виде крутящий момент должен скручивать проволоку **не одного, а двух подвесов**, то для получения одинакового результата с опытом Г.Кавендиша необходимо использовать двойной крутящий момент. Т.е. мы будем применять крутящий момент  $M=5,6\text{мГ/см}$ .

В средней точке горизонтальной проволоки закреплено лёгкое «коромысло». При плече коромысла 5,6 см, для обеспечения крутящего момента  $5,6\text{ мГ}\cdot\text{см}$  усилие должно быть 1 мГ. Грузик весом 1 мГ выполнен из полоски алюминиевой фольги. Полоска фольги 10мм\*100мм\*0,01мм взвешена в службе ЦСМ с высокой точностью (Фото 1).





**Фото 1**



**Фото 2.**

Нижняя (на фото) полоска выполнена из фольги толщиной 0,03 мм; т.е. имеем 2 полоски по 25 мГ и одна полоска 80 мГ. На фото (на бирках) вес полосок указан в граммах. Т.е. например, каждые 2 мм верхних полосок будут весить по 0,5 мГ.

Отверстия в «разновесах» (Фото 2) выполнены специально, в технологических целях.

По центру коромысла закреплено небольшое зеркальце (Фото 3).



**Фото 3**

Луч света от лазерного источника («указка/фонарик») отражается от зеркальца на коромысле, затем – от внешнего зеркала, и попадает на предварительно подготовленную шкалу на столе (на линейку). При этом,

длина луча от зеркальца на коромысле до шкалы равна 92,5 см. (Длина луча рассчитывается как сумма нормальных расстояний (перпендикуляров) от зеркальца, до внешнего зеркала и от внешнего зеркала до шкалы).

Т.к. в опыте Г.Кавендиша от оси крутильных весов до шкалы с делениями расстояние было равно 97,3 см, а отклонение составляло 19.1 мм, то для нашего случая, при одинаковом результате и длине светового луча 92,5см, отклонение должно составить **18,2 мм**.

Кладём на коромысло, на расстоянии 5,6 см от оси, грузик весом 1мГ (т.е. создаём крутящий момент  $M=5,6\text{мГ}\cdot\text{см}$ ).

Фиксируем угол закручивания проволоки по отклонению светового луча на шкале.

Отклонение составляет **28мм**. (в **1,5 раза больше**, чем 18,2мм, а должно быть наоборот меньше, чем 18,2мм, т.к. у нас в опыте проволока вероятно «жестче», чем в опыте Г.Кавендиша). Точность отсчёта у Г.Кавендиша составляла четверть миллиметра (одна сотая дюйма), а в настоящем опыте точность отсчёта показаний не хуже  $\pm 1\text{мм}$ , что вполне приемлемо для принципиальной оценки.

Следует отметить, что опыт повторялся многократно, причём – результат одинаковый при помещении грузика на другое плечо коромысла (только, естественно, отклонение в другую сторону). При изменении величины грузика на 0,5 мГ – отклонение светового луча изменяется пропорционально. При изменении растягивающего проволоку усилия от 0,5кГ до 1,7кГ - изменений величины отклонений светового луча не наблюдается.

При этом из-за малости общей массы коромысла и грузика, колебания коромысла (при помещении на него грузика) прекращаются в течение около 30 секунд (затухают до 1мм), и результат опыта фиксируется **при отсутствии существенных паразитных колебаний**.

## **Вывод.**

**Весьма вероятно**, что: зафиксированные Г.Кавендишем отклонения средней точки колебаний крутильных весов были **вызваны не гравитационными силами, а другими причинами**. Так как предполагаемые силы гравитационного притяжения между массами должны были отклонить в его опыте крутильные весы не на 19,1 мм, а на величину **больше** чем **29,4 мм** («больше», т.к. у Г.Кавендиша проволока была, с большой долей вероятности, менее «жёсткая», чем в настоящем опыте).

Настоящий эксперимент, конечно, **не доказывает** ошибочность выводов Г.Кавендиша, сделанных 200 лет назад, так как нет достоверной информации о «жёсткости» проволоки подвеса в опыте Г.Кавендиша и неизвестна точная толщина серебряного покрытия проволоки.

В настоящем опыте использовалась проволока, в которой **расчётная** толщина «мягкого» серебряного покрытия заменена «жёсткой» медью, но медь легче серебра, а значит, что вес 1-го фута проволоки, **в нашем случае**, меньше по сравнению с весом проволоки у Г.Кавендиша (2,4грана). Теоретически, если медную проволоку диаметром 0,264мм покрыть слоем серебра толщиной **2,5 микрометра** (неизвестно, могли ли 200 лет назад покрывать проволоку серебром слоем 2,5 микрометра), то её вес станет равным 2,4 грана на 1 фут длины (диаметр проволоки увеличится на **1,9%**, до 0,269мм). При этом жёсткость проволоки станет несколько больше (чем в настоящем опыте, но не в полтора раза), и будет выдерживать **максимальное** усилие на разрыв не 2кГ, а 2,3кГ.

В итоге: **сомнения в объективности опытов Г.Кавендиша действительно имеют под собой основание.**

## Часть 2.

### Некоторые рассуждения на тему о притяжении масс друг к другу.

Вопрос о **наличии** притяжения между телами (массами) в настоящее время в **научной среде** не рассматривается, но рассматривается вопрос о **силе** взаимного притяжения тел. Это приводит к постоянным уточнениям величины гравитационной постоянной. Вроде бы всё нормально, **но** вот что интересно. Чтобы **уточнить** величину гравитационной постоянной нужно измерить **силу притяжения** известных масс с **более высокой точностью**. Тут представляются всего два пути. Первый – это повышать точность измерения за счёт улучшения технологии измерения и применения более качественных измерительных приборов. Второй – это **увеличивать измеряемую силу** притяжения (т.к. эта сила в реальных опытах **очень малая** величина, сравнимая по величине с внешними воздействиями на измерительный прибор, что приводит к ошибкам измерения). У Г.Кавендиша использовались массы величиной **0,730 кг** и **158 кг**, и предполагаемое усилие их гравитационного взаимодействия было равно **0,015 мГ**.

Что реально происходит в научном сообществе по этой теме? Оценить в цифрах нет возможности, но в описаниях современных экспериментов речь идёт о **«металлических пластинках»** или о **«малых массах»**.

= Т.е. об увеличении масс (об увеличении измеряемой величины) речи не идёт. Здесь мы говорим о **подвижных массах**, т.к. сила гравитации определяется **по воздействию на измерительный прибор** именно подвижной массы, у Г.Кавендиша это - 730г.

= О **точности измерений** также говорить не приходится. (Точность измерительного прибора не подменяет собой точность измерения). Так, если посмотреть на реальные цифры за последние десятки лет, то увеличения точности величины гравитационной постоянной **не происходит**, а происходит просто изменение цифр **в одних и тех же**

«знаках после запятой». Причём - то в большую, то в меньшую сторону, а не так, чтобы уточнялся всё более младший разряд величины.

Например табличка из [8]. (19-й век)

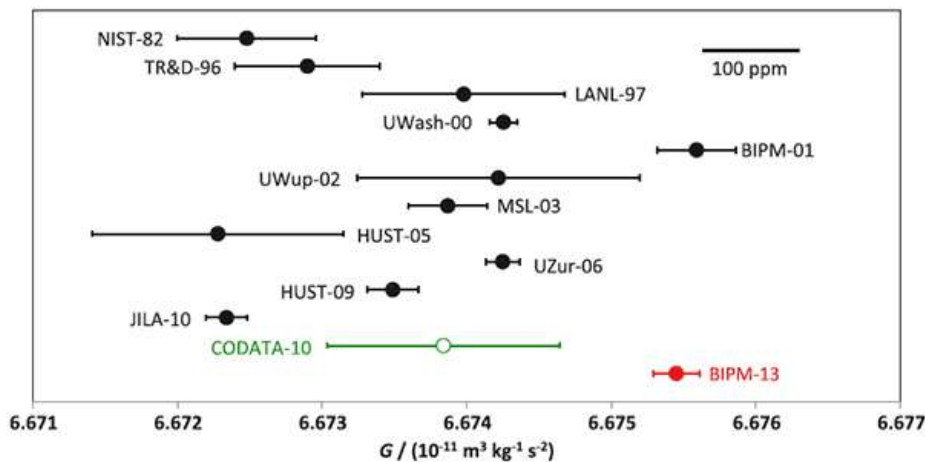
год	личность	описание опыта	Плотность Земли, г/см <sup>3</sup>	гравитационная постоянная 10 <sup>-11</sup> м <sup>3</sup> /(кг·с <sup>2</sup> )	Ошибка
1837	Рейх		5,58	<b>6,71</b>	-
1842	Бэли	было проведено 2000 опытов	5,66	<b>6,62</b>	-
1872	Корню и Байль	при помощи более совершенного прибора, составленного из алюминиевого стержня, маленьких платиновых шариков и больших стеклянных шаров, наполненных ртутью	5,53	<b>6,77</b>	5·10 <sup>-3</sup>
1880	Жолли	использовал обыкновенные рычажные весы	5,692 ± 0,068	<b>6,58</b>	10 <sup>-2</sup>
1887	Вильзингом	Вместо горизонтального стержня, отклоняемого тяжёлыми шарами в опытах Кавендиша, он употребил вертикальный	5,58	<b>6,71</b>	

Табличка из [1]. (20-й век)

Авторы, место проведения, год публикации	Метод	Величина гравитационной постоянной 10 <sup>-11</sup> м <sup>3</sup> /кг*с <sup>2</sup>
Хейл, Хржановский (США), 1942	динамический	6,673 b0,005
Роуз, Паркер, Бимс и др. (США), 1969	ротационный	6,674 b0,004
Реннер (ВНР), 1970	ротационный	6,670 b0,008
Фаси, Понтикис, Лукас (Франция), 1972	резонансный	6,6714 b0,0006
Сагитов, Милуков, Монахов и др. (СССР), 1978	динамический	6,6745 b0,0008
Лютер, Таулер(США), 1982	динамический	6,6726 b0,0005

Или табличка из [5]. (21-й век)

Результаты с 1982 года по 2013год.



*Зеленая точка* — обновленное рекомендованное значение; *красная точка* — результат нового измерения; *чёрным цветом* показаны многочисленные более ранние эксперименты.

В результате - регулярно, каждые 4 года, официально объявляется (CODATA) уточнённая (*рекомендованная*) величина гравитационной постоянной. Но фактически - как был результат 150 лет назад  $6,67 \cdot 10^{-11}$ , таким он остался и до настоящего времени, а третья цифра после запятой за все эти годы так и **не определилась** (и не понятен смысл новых рекомендованных величин, если «новая» величина ничем не лучше (не точнее и не достовернее) предыдущей «старой»).

Есть формула  $F = G \cdot m \cdot M / R^2$ . **Масса** тела (для простоты – шар с радиусом  $r$ ), пропорциональна кубу его радиуса. Если выразить силу притяжения через радиус масс (одинаковые шары, и расстояние между их центрами ( $R$ ) практически равно  $2r$ ), то получаем  $F = K \cdot r^3 \cdot r^3 / (2 \cdot r)^2 = K_1 \cdot r^4$ . Важно то, что сила, **которую нужно измерить**, пропорциональна **четвёртой** степени радиуса используемых масс. Очевидное решение – **увеличить используемые в эксперименте массы**. Например, если взять массы из свинца по 5 тонн на расстоянии между центрами 1м, то

сила их притяжения будет равна **160 мГ !!** Это не пятнадцать **тысячных долей миллиграмма**, а **в десять тысяч раз** больше. И чтобы измерить такую величину не потребуются беспрецедентные ухищрения для защиты от мешающих внешних факторов, сверхточные весы (стоимостью миллионы долларов, например см. фото 4) и последующая **математическая обработка** полученных результатов для **выделения нужных результатов** на фоне внешних помех и случайных и инструментальных погрешностей измерения. Но это (очевидное) не делается. То, что официальная наука не хочет выполнить измерения с использованием больших масс, а упорно использует в опытах малые массы, заранее зная, что при этом **измеряемая величина намного меньше внешних воздействий**, влияющих на измерения – странно.

Есть подозрение, что просто никто не знает, как повесить на крутильные весы груз хотя бы тонну, поэтому и используют подвижные грузы в пределах 1 кг уже 200 лет. Либо эта суeta с регулярным «**подтверждением**» величины гравитационной постоянной при помощи малых масс зачем-то нужна научному сообществу.



Фото 4

Современные торсионные весы, на которых ученые из Вашингтонского университета, уточняют значение постоянной всемирного тяготения  $g$ . Размер установки в поперечнике более полуметра. Измеряется сила притяжения между двумя подвешенными внутри пластинами (на



фотографии не видны) и шарами, расположенными на периферии цилиндра.

### **Часть 3.**

**Попытаемся выявить наличие притяжения масс друг к другу.**

С целью зафиксировать факт гравитационного притяжения мы пойдём по очевидному пути и выполним опыт с **увеличенной подвижной массой**. Т.е. попытаемся «зафиксировать» не исчезающе малую величину силы гравитационного притяжения (как это происходит в современных физических исследованиях), а **величину, которую можно однозначно оценить визуально** или измерительными приборами, используемыми в быту.

#### **Пояснения к опыту/эксперименту.**

**Важное** - речь идёт не об уточнении гравитационной постоянной и точных измерениях, а речь идёт о принципиальном вопросе – притягиваются ли вообще массы друг к другу или нет. Если массы действительно притягиваются, тогда можно и нужно измерять эту силу притяжения.

**Схема установки для проведения эксперимента показана на рисунке 2.**

Функционально установка представляет собой подвижный груз (1,5тонны), который закреплён и висит посередине пятиметровой балки. Концы балки опираются на поплавки. Поплавки плавают в ваннах с водой. Ванны стоят на земле.

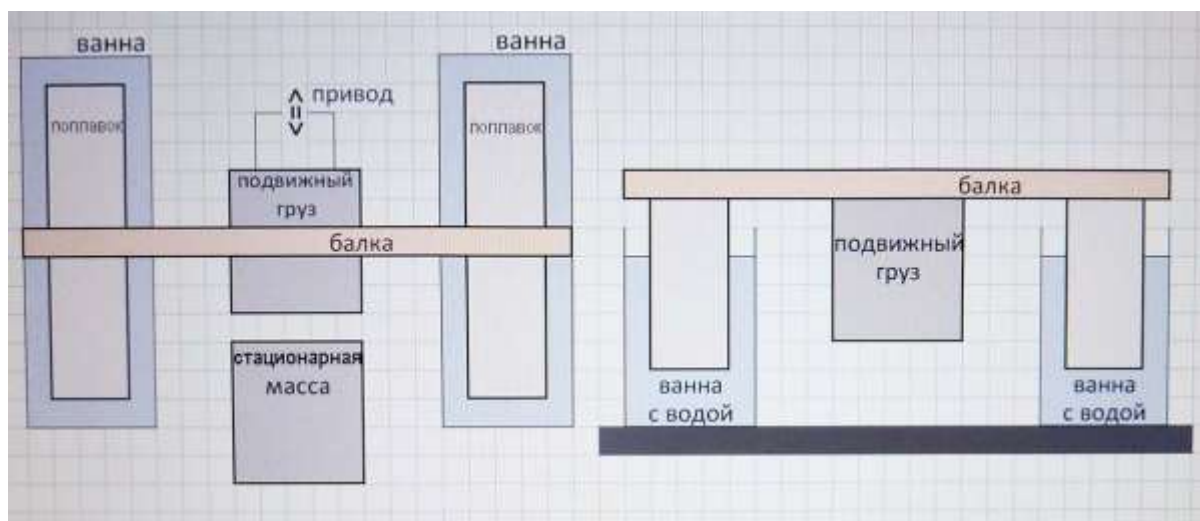


Рисунок 2

Напротив плавающего (подвижного) груза с одной стороны расположена **стационарная масса**. Тоже 1,5 тонны и тоже, как ванны, стоит на земле. (Расчётная сила притяжения стационарной массы и подвижного груза примерно 10 мГ). С противоположной стороны от подвижного груза установлен механический привод, который имеет возможность толкать подвижный груз в сторону стационарной массы (вперёд) или наоборот - тянуть к себе от стационарной массы (назад). Усилие отталкивания (или притяжения) определяется калиброванными разновесами в пределах от 1мГ до 80мГ (см. фото 2). (Привод так же стационарно стоит на земле).

Для того чтобы плавающий груз перемещался не очень длительное время (из-за большой инертности) и «не как попало», и чтобы была возможность однозначной фиксации его положения, в конструкции предусмотрены ограничители движения.

Т.е. например, если привод толкает груз в сторону стационарной массы (вперёд) или же груз притягивается гравитационными силами к стационарной массе, то проплыв, примерно 4мм груз упирается в ограничители и стоит на месте, прижатый этими силами. Это

положение легко **фиксируется визуально** (и контролируется, кроме того, специальными датчиками положения).

Таким же образом действие происходит в обратном направлении (назад) – проплыв расстояние 4мм груз упирается в ограничители и останавливается в данном положении, и это так же легко **фиксируется визуально** (и датчиками положения).

От внешних воздействий (ветра и дождя) вся конструкция защищена стенами и крышей.

Порядок проведения опыта.

**1-я часть.** Проверяем возможность свободного движения груза при отсутствии (притягивающей) стационарной массы. Под действием силы приводного устройства (силы близкой по величине к предполагаемой будущей силе гравитационного притяжения) заставляем двигаться груз вперёд и назад. При этом фиксируем время движения. Результаты записываем в таблицу 1.

**2-я часть.** Устанавливаем стационарную массу перед грузом. Фиксируем притяжение груза к стационарной массе гравитационными силами и время движения груза. Результаты см. в таблице 2.

**Часть 2а.** Проводим испытания, как и в первой части, т.е. принудительно перемещаем груз при помощи привода вперёд и назад (предполагаемая сила гравитационного притяжения при этом будет складываться (или вычитаться) с движущей силой приводного устройства), и фиксируем **изменение времени движения** вперёд и назад по сравнению с временем в первой части опыта, (когда стационарная масса отсутствовала). Результаты см. в таблице 3.

**3-я часть.** Оцениваем результаты.

Сентябрь 2015г. Попытка проведения опыта оказалась неудачной по причине влияния внешних факторов (**помех**) на движение подвижного

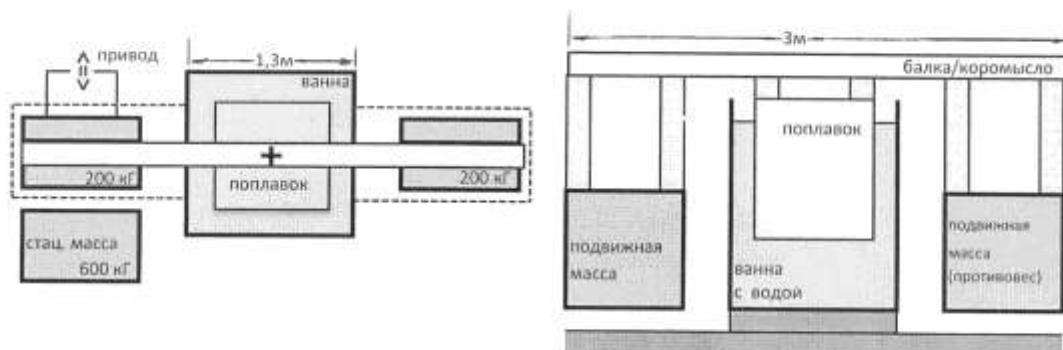
груза. Стены помещения для установки оказались не очень герметичные, и слабые потоки воздуха перемещают подвижный груз (который имеет большие размеры и, значит, большую «парусность») в разных направлениях в зависимости от разных направлений ветра **снаружи** установки. Однозначно **фиксировать** перемещение подвижного груза приводным устройством оказалось возможно только при помощи силы **1500 мГ** и более. (При этом расчётная сила гравитационного притяжения стационарной и подвижной массы **реальной конструкции** составляет 9,6мГ).

Стены и крыша установки были переделаны для устранения проникновения внешних воздушных потоков.

Август 2016г. Очередная попытка проведения опыта также оказалась неудачной. Оказалось, что на движение подвижной массы влияют слабые потоки воздуха, которые формируются **внутри** помещения установки из-за температурных перепадов внутри помещения (при нагревании солншком одной стороны помещения, а затем другой стороны, или остывании крыши при дожде). В этих условиях **фиксировать** перемещение подвижной массы при помощи приводного устройства оказалось возможным при помощи силы уже всего **80 мГ** (а не 1500 мГ, как в первом случае), но и это всё же слишком большая сила (**внешних помех**), чтобы на её фоне выделить предполагаемую силу гравитационного притяжения (9,6 мГ).

В результате оказалось, что для выполнения **такого** варианта опыта нужно хорошее стационарное помещение. Но поскольку хорошего помещения не имеется, а вариантов проведения опыта имеется несколько, то придётся изменить установку.

**Второй вариант установки для проведения эксперимента показан на рисунке 3.**



**Рисунок 3**

Функционально этот вариант не отличается от установки первого типа, но конструктивно выполнен по-другому. Имеется одна ванна, в которой плавает поплавок «грузоподъёмностью» примерно 500 кг. На поплавок крепится коромысло/балка, на оба конца коромысла подвешиваются грузы (подвижные массы), примерно по 200 кг каждый. Поплавок центрируется посередине ванны при помощи оси. (Наподобие крутильных весов, только не висящих, а плавающих). Возле одной из подвижных масс размещаем стационарную массу (примерно 600 кг). При этом расчётная сила гравитационного притяжения (величиной примерно 4 мГ) будет придавать коромыслу с грузами вращательное движение. Как и в первом варианте установки, имеются ограничители хода (здесь - поворота) коромысла (примерно 4 мм для хода подвижных масс), и приводное устройство. Вся конструкция защищена стенами и крышей от атмосферного влияния. Внутри стен и крыши установка имеет ещё одну оболочку, закрывающую её от воздушных потоков.

Смысл такого варианта в том, что **в такой конструкции** коромысло с грузами линейно перемещаться не может, но может только вращаться. И

это значительно увеличивает защищённость установки от внешнего воздействия.

#### **Фактические параметры установки:**

Ванна - 1,25м x1,25м x0,65м

Поплавок - 105см x105см, h=55 см (грузоподъёмность=550кГ)

Длина коромысла - 3,1 м

**Размеры подвижных и стационарной массы - 60см x50см x30см**

Вес противовеса - 197 кГ

Зазор между подвижной и стационарной массами – 2 см

Вес подвижной массы - 201 кГ

Вес стационарной массы - 565 кГ

**Расчётная сила гравитационного притяжения - 4 мГ**

Подвижные массы выполнены из немагнитного материала с использованием речного песка и цемента.

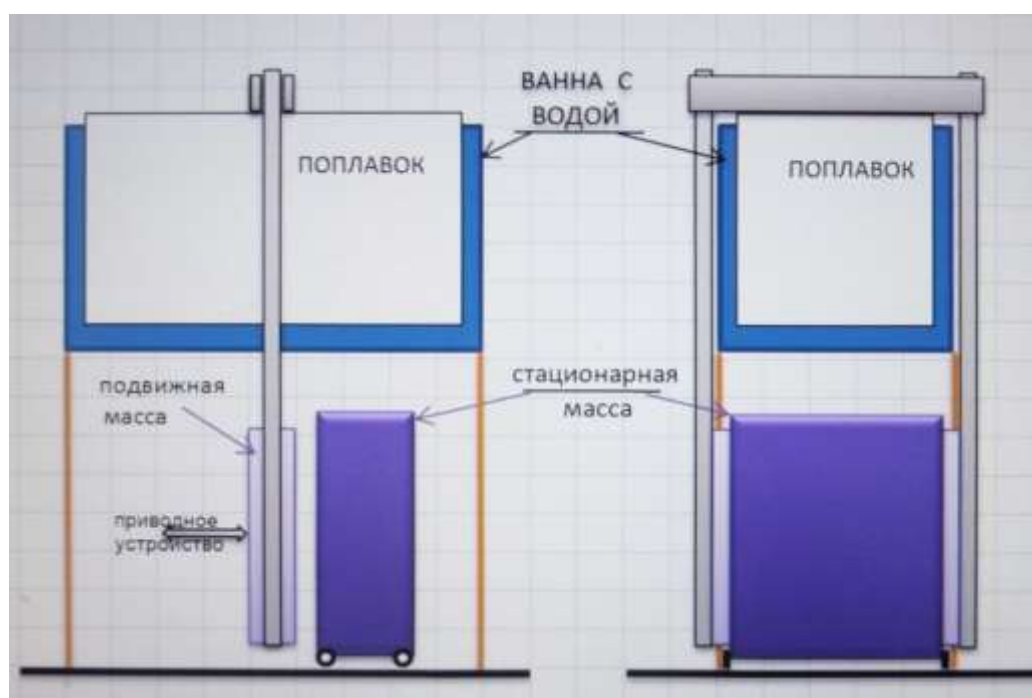
Для стационарной массы использован металлический лом/железо.

Порядок проведения опыта такой, как описано ранее для первого варианта установки. Результаты опыта будут сведены в таблицы 1, 2 и 3.

Август 2018г – в третий раз провести опыт не удалось (часть приобретённых для установки комплектующих оказалась бракованная и при повторной покупке комплектующих они вновь, к сожалению, оказались дефектными).

Август 2019г – в четвёртый раз провести опыт не удалось. (Комплектующие - качественные, поплавок переделан с круглого на квадратный – так технологически проще). На этот раз **фиксировать** перемещение подвижной массы оказалось возможным при усилии на приводном устройстве (20-30)мГ. Причина оказалась та же, что в 1 и 2 случае (неконтролируемые, хоть и слабые, воздушные потоки). При разборке установки обнаружилось неплотности между кожухом вокруг подвижной массы и основной конструкцией.

Изменяем конструкцию установки ещё раз, уменьшив общую массу установки и габариты. При этом, для однозначного фиксирования движения подвижной массы, нужно **обеспечить расчётную гравитационную силу** не менее (2-4)мГ, потому что изготовленное приводное устройство может создавать усилие от 0,8мГ и больше. **Третий вариант установки для проведения эксперимента показан на рисунке 4.**



**Рисунок 4**

**Фактические параметры установки:**

Ванна - 1м x 0,55м x 0,55м

Поплавок - 86см x 50см, h=52,5 см (грузоподъёмность=215кГ)

Размер подвижной массы – 49см x 48см x 8см

Размер стационарной массы – 40см x 49см x 27см

Зазор между подвижной и стационарной массами – 3 см

Вес подвижной массы - 176,5 кГ

Вес стационарной массы - 258 кГ (из двух частей - свинец и железо)



## Расчётная сила гравитационного притяжения - 3,5 мГ

Подвижная масса выполнена из свинцовых слитков. Поплавок (в т.ч. крепёж) – из немагнитных материалов. Для стационарной массы использованы свинцовые слитки и металлический лом (железо). Порядок проведения опыта такой же, как описано ранее для первого варианта установки.

Июнь 2020г. На этот раз удалось изолировать корпус установки от внешних воздушных потоков достаточно хорошо и подвижная масса перемещается при действии силы приводного устройства величиной всего **2мГ**, хоть и с большим разбросом по времени. Поскольку расчётная сила гравитационного притяжения подвижной и стационарной масс (при расстоянии между ними 3 см) реальной конструкции составляет **3,5 мГ**, это позволило провести запланированные опыты.

Т.к. конструкция поплавок (несущего подвижную массу) не очень симметрична, то время движения подвижной массы вперёд и назад (к стационарной массе и от неё) не одинаково. Поэтому сравнивать эти времена при разных усилиях, действующих на подвижную массу, не целесообразно.

В результате - проведено **несколько серий** опытов при движении подвижной массы вперёд (в направлении к стационарной массе):

**при** различных усилиях приводного устройства,

**при** расположении стационарной массы рядом с подвижной массой,

и **при** удалении стационарной массы от подвижной на расстояние 1,3м (при таком расстоянии расчётная сила притяжения подвижной и стационарной масс имеет величину менее 0,16мГ которой, в настоящем опыте, можно пренебречь).

В связи с изменением порядка проведения опытов пришлось изменить запись результатов (и отказаться от записи результатов в предполагаемые таблицы 1, 2 и 3).

Результаты опытов записаны в одну общую таблицу (Таблица результатов опытов), в которой серии опытов разделены между собой.

**Пояснения к опытам.** Чтобы произвести оценку результатов всего эксперимента следует делать выводы по каждой серии опытов, независимо от других серий. Практически в данной работе представлены десять **независимых** экспериментов. Сравнение «**цифровых показаний**» разных серий некорректно, в связи с тем, что:

1- разные серии опытов проводились в разное время, а перед каждой серией опытов производилась очистка поверхности воды в ванне из-за того, что пыль из воздуха осаждается на поверхность воды и «тормозит» движение подвижной массы. Качество очистки воды каждый раз – разное (очистка производилась обычным марлевым сачком). Из-за этого показания времени движения в разных сериях опытов – отличаются.

2- в разных сериях опытов изменялось расстояние между ограничителями движения подвижной массы чтобы уменьшить (или увеличить) время движения при небольших действующих силах (или, наоборот – при достаточно больших (40-80)мГ) от этого показания времени также в разных сериях отличаются.

Следует отметить, что в пределах каждой серии опытов имеется случайный разброс показаний времени движения подвижной массы. На величину этого разброса влияет качество очистки воды и аккуратность установки (или снятия) разновесов – грузиков (2-80мГ) на приводное устройство. Но т.к. в каждой серии проводится несколько опытов, то величина такого случайного разброса влияет на общий результат не очень значительно и совершенно не искажает общий результат всех серий эксперимента.

В таблице результатов опытов (для удобства написания): слово «масса(3,5)» - обозначает стационарную массу (которая с подвижной массой на расстоянии 3см создаёт **расчётную силу притяжения 3,5мГ**);

слово «груз» - обозначает подвижную массу;

слова «добавление стационарной массы» - обозначают приближение стационарной массы на расстояние 3см к подвижной массе;

слова «удаление стационарной массы» - обозначают удаление стационарной массы от подвижной на расстояние 1,3 метра.

Порядок проведения опытов следующий:

**1-**на приводное устройство устанавливается необходимая «разновеска», которая создаёт планируемое усилие, действующее на подвижную массу, и включается секундомер.

**2-**подвижная масса начинает двигаться (плыть) и при достижении ограничителя движения (что фиксируется визуально и по включению контактного индикатора) секундомер останавливается, результат записывается.

**3-**на приводное устройство устанавливается груз большой величины (порядка нескольких грамм) для движения подвижной массы в обратную сторону (назад) в ускоренном режиме (чтобы сократить время).

**4-**подвижная масса движется в обратную сторону и, при достижении ограничителя движения (что фиксируется визуально и по контактному индикатору), происходит отскок от ограничителя движения. Затем опять подвижная масса подходит к ограничителю и отскакивает. Таких отскоков происходит примерно 6-7. Затем подвижная масса останавливается, прижатая к ограничителю движения. После этого установка готова к выполнению следующего опыта.

На видео показано:

движение подвижной массы под действием силы 40мГ «Вперёд при 40мГ»

<https://cloud.mail.ru/public/Jtr5/1TYS4sofb>

и возврат подвижной массы в исходное положение «Назад ускоренно»

<https://cloud.mail.ru/public/AcPz/WtrenZdn7>

**Таблица результатов опытов**

Усилие, приложенное к подвижному грузу (мГ)	Время движения подвижного груза в каждом опыте (сек)	Среднее время	Результат	
<b>Серия опытов 1 (14.06.2020)</b> (Первая из серий– проверка на функциональность установки. Верхняя часть установки не закрыта и заметно влияние воздушного потока в сторону массы)				
10	143, 136, 156, 155, 173	152 сек	при увеличении усилия на 3,5мГ время движения груза меняется	Реальная сила меняет время движения
10+3,5	141, 125, 143, 172, 158, 140, 143, 145	146 сек		
10+3,5 +масса(3,5)	131, 167, 137, 125, 160, 148	145 сек	при добавлении стационарной массы время движения груза не изменилось	Притяжения масс нет
<b>Серия опытов 2 (15.06.2020)</b>				
40	143, 148, 163, 142, 137, 169, 157, 139, 161	151 сек	при <b>добавлении</b> стационарной массы время движения груза не изменилось	Притяжения масс нет
40+ масса(3,5)	152, 163, 145, 154, 144, 150, 147	151 сек		
40+масса(3,5) +3,5	132, 132, 119, 134, 137, 141, 147, 137, 137	135 сек	при увеличении усилия приводного устройства время меняется	Реальная сила меняет время движения
40+3,5	139, 155, 133, 136, 140, 142, 122, 135	137 сек	при <b>убирании</b> стационарной массы время движения груза не изменилось	Притяжения масс нет
<b>Серия опытов 3 (15.06.2020)</b>				
20	174, 148, 218, 216, 268, 276, 256, 244, 226, 215, 239,192	222 сек	при <b>добавлении</b> стационарной массы время движения груза не изменилось	Притяжения масс нет
20+масса(3,5)	203, 245, 259, 228, 228, 202, 208, 211, 223	223 сек		

20+масса(3,5) +3,5	206, 198, 167, 211, 181, 197	190 сек	при увеличении усилия приводного устройства время меняется	Реальная сила меняет время движения
Серия опытов 4 (16.06.2020)				
40+масса(3,5)	164, 165, 159, 153, 146, 162, 151, 150, 157, 148	155 сек	при <b>увеличении</b> усилия приводного устройства на 2мГ - время движения груза меняется	Реальная сила меняет время движения
40+масса(3,5) +2	161, 127, 133, 164, 142, 121, 148, 139, 124	140 сек		
Серия опытов 5 (17.06.2020)				
40+масса(3,5)	237, 211, 215, 197, 211, 210, 224, 195, 188	209 сек	при <b>увеличении</b> усилия приводного устройства на 2мГ - время движения груза меняется (в присутствии массы(3,5))	Реальная сила меняет время движения
40+масса(3,5) +2	169, 171, 201, 181, 194, 202, 214, 189, 211, 180	191 сек		
Серия опытов 6 (17.06.2020)				
40+2	221, 192, 228, 222, 218	216 сек	при <b>уменьшении</b> усилия приводного устройства на 2мГ - время движения груза меняется (без массы(3,5))	Реальная сила меняет время движения
40	235, 250, 234, 216, 172, 257, 217	226 сек		
Серия опытов 7 (17.06.2020)				
3,5	26 мин 20сек	1580 сек	сила 3,5мГ на приводном устройстве - груз перемещает	Притяжения масс нет
масса(3,5)	за время более 15 минут - движения груза <b>не отмечено</b>	---	при наличии стационарной массы груз не перемещается ни к массе ни от неё	
Серия опытов 8 (19.06.2020)				
40	239, 248, 224, 240	237 сек	при <b>увеличении</b> усилия приводного устройства на 2мГ - время движения груза меняется (без массы (3,5))	Реальная сила меняет время движения
40+2	234, 220, 222, 228	226 сек		

80	126, 150, 143	140 сек	Для информации	
20	385, 426, 464, 397	418 сек		
10	780	780 сек		
3,5	33 мин 3 сек	1983 сек	сила 3,5мГ - груз перемещает	
Серия опытов 9 (20.06.2020)				
10+масса(3,5)	191, 194, 185, 205, 169, 216, 197	193 сек	при <b>убирании</b> стационарной массы	Притяжения масс нет
10	202, 231, 200, 147, 206	197 сек	время движения груза не изменилось	
10+3,5	132, 115, 150, 153	137 сек	при <b>увеличении</b> усилия приводного устройства на 3,5мГ - время движения груза заметно меняется	Реальная сила меняет время движения
Серия опытов 10 (21.06.2020)				
масса(3,5) + 3,5	Движение <b>к</b> массе(3,5)	62 мин	груз движется приводным устройством с усилием 3,5мГ (независимо от наличия "притягивающей" стационарной массы) и в сторону стационарной массы, и от неё	Притяжения масс нет
	силы действуют в одном направлении			
масса(3,5) - 3,5	Движение <b>от</b> массы(3,5)	37 мин		
	груз не должен двигаться т.к. силы равны и противоположны			

## **Выводы.**

Настоящей опытной работой экспериментально (инструментальными методами) показано, что гравитационной силы, действующей между материальными телами, в соответствии с «законом всемирного тяготения», не существует. Материальные тела друг к другу не притягиваются. Притяжение материальных тел к центру земли объясняется другими причинами, а не законом всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения не соответствует реальным процессам, происходящим в природе и космосе. Космологическая теория, одним из основных / краеугольных камней которой является закон всемирного тяготения – не верна и требует обновления заложенных в её основу принципов.

Следует отметить, что за время эксперимента было проведено в общей сложности **более 300 опытов** при более 40 изменений значения действующего усилия на подвижную массу. И за всё время проведения эксперимента **не выявлено ни одного случая**, который бы можно было интерпретировать как притяжение масс (тел) друг к другу.

## **Заключение**

Вычисление физическими лабораториями гравитационной постоянной с использованием измерения силы притяжения масс друг к другу (**силы - не существующей в природе, и это подтверждено настоящими опытами**) выглядит весьма странно.

Практически **во всех технологически развитых странах** проводятся измерения гравитационной постоянной. При этом экспериментаторы оперируют такими малыми измеряемыми величинами, что проверить достоверность измерений никто не может кроме их самих. Хотя можно работать с величинами, которые **на несколько порядков больше**, что подтверждено настоящими опытами. Достоверность измерения этих



«больших» величин не будет вызывать ни у кого сомнений. Но они (экспериментаторы) так не поступают. Из этого можно предположить, что люди, работающие «в области гравитации», не знают, что такое гравитация и как работает механизм притяжения (более того – они получают награды за работы в области гравитации). Как говорится – это нонсенс.

Вся основная часть настоящей работы была написана в 2015 году, и оставалось только заполнить таблицы цифрами по факту проведённых опытов и написать выводы. Но поскольку опыты несколько раз не удавалось провести (по указанным причинам), а для каждого следующего раза делалась другая конструкция экспериментальной установки, то «накопилось» три варианта конструкций (один вариант с круглым поплавком был не изготовлен и не учитывается). Можно было бы убрать текст с конструкциями, на которых опыты провести не удалось, чтобы не загружать статью, но решено эти варианты оставить.

**Во-первых**, потому, что все они действующие и (при должном экранировании их от воздушных потоков) на них можно проводить опытные работы.

**Во-вторых**, это показывает заинтересованным людям, что **существуют** разные варианты конструкций, на которых возможно проведение опытных работ по выявлению наличия (или отсутствия) **притяжения** между телами, работая при этом **с большими измеряемыми величинами**.

Для всех конструкций настоящего эксперимента был использован вариант движения плавающих масс. Этот вариант на время начала работ был наиболее прост в осуществлении в материальном плане. Но можно использовать и другие варианты, хотя бы повторить тот же эксперимент с установкой, как у Г. Кавендиша. Если поставить ограничители поворота коромысла, то коромысло с грузами не будет «болтаться» по неизвестным

причинам и на такой установке можно будет провести действительно объективный опыт (сначала по выяснению – существует ли вообще сила притяжения, а если существует, то и измерить её, если поставить вместо ограничителей движения датчики давления). И ещё - представленные варианты конструкций возможно **значительно** улучшить с технической точки зрения и это повысит качество проведения опытов. (Например: при подвижной массе величиной одну тонну и стационарной массе величиной три тонны расчётная сила гравитационного притяжения составит **70 мГ** (измерение силы такой величины не представляет сложности для любой измерительной лаборатории)).

Думается, что экспериментальные работы **с использованием больших подвижных масс** (сотни килограмм или тонны), используя предложенные варианты установок (или аналогичных) будут обязательно проведены **в лабораторных условиях**, потому что проигнорировать настоящую информацию с конкретными работающими конструкциями и фактическими результатами опытов невозможно (не по-научному).

Выполнение настоящей экспериментальной работы не удалось осуществить сразу, с первой изготовленной конструкцией, а вся работа растянулась на шесть лет. И неизвестно как бы она закончилась в этом (2020) году. Но, к счастью, помогли неравнодушные и заинтересованные люди. Работа успешно завершена и получены практические результаты. Я очень признателен и благодарен этим людям за помощь.

Вакс Валентина Александровна (метролог) помогла с приобретением необходимых материалов для последнего варианта опытной установки.

Горчаков Игорь Петрович (инженер, изобретатель) предоставил отдельное помещение для проведения эксперимента, помог в решении организационных вопросов и помог с изготовлением последнего варианта конструкции опытной установки.

Антипов Андрей Владимирович (программист) помогал **все годы работы** – написал программы вычисления силы гравитации между массами отличными от шарообразной формы. Расчёты при помощи этих программ использовались при определении весогабаритных характеристик всех вариантов конструкций установок.

PS.

В подтверждение существующего состояния научных исследований в области гравитации можно ознакомиться с одним из последних экспериментов по измерению силы гравитации [9]. Следует обратить внимание на то, что вместо увеличения используемых в эксперименте масс, что позволило бы увеличить измеряемую силу до величины, которую можно определить **прямым измерением**, а не расчётным путём, экспериментаторы наоборот уменьшают используемые массы. **Для сравнения:** произведение масс в опыте Г.Кавендиша  $0,73 \cdot 158 = 115$  (кГ\*кГ), а в эксперименте [9]  $0,068 \cdot 0,778 = 0,053$  (кГ\*кГ), это произведение в **2 тысячи раз меньше !!**. Это значит, что измеряемая сила (с учётом конструктивных особенностей) на 2-3 порядка меньше, чем в опыте Г.Кавендиша и переходит из диапазона микрограммов, в величины в диапазоне **нанограммов**. И при этом экспериментаторы утверждают о «беспрецедентно точном измерении». Странно что измерение силы в диапазоне микрограммов видимо очень сложно, поэтому экспериментаторы уменьшили эти предполагаемые силы на два-три порядка, и вот теперь получаются очень точные измерения (!?). Правда **«Чтобы получить наиболее точные результаты, ученые внесли коррекцию с учетом длинного списка незначительных помех — от легких вариаций в плотности материалов, использованных в изготовлении торсионных маятников, до сейсмических вибраций от землетрясений по всему миру»**.

В настоящей же опытной работе произведение используемых масс равно  $176 \cdot 250 = 44000$  (кГ\*кГ), а измеряемая сила находится в диапазоне **миллиграммов**, а такие силы вполне можно определить прямым измерением, а не расчётами с учётом землетрясений по всему миру.

Некоторые фото последнего варианта установки (2020 г.)



направляющие для поплавка (сталь-фторопласт)



общий вид установки

Ссылки на использованную информацию.

- (1) Энциклопедия Физики и техники. Гравитационная постоянная.

URL: [http://femto.com.ua/articles/part\\_1/0849.html](http://femto.com.ua/articles/part_1/0849.html)

- (2) Википедия. Гравитационная постоянная. URL:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0>

[%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F](#)

- (3) О.Х. Деревенский. Бирюльки и фитюльки всемирного тяготения. URL: <http://newfiz.narod.ru/gra-opus.htm>
- (4) Постоянство гравитационной постоянной G под сомнением. URL: <http://www.rususa.com/news/news.asp-nid-189>
- (5) Око планеты. Новые измерения гравитационной постоянной ещё сильнее запутывают ситуацию. URL: <http://oko-planet.su/science/scienceday/210657-novye-izmereniya-gravitacionnoy-postoyannoy-esche-silnee-zaputyvayut-situaciyu.html>
- (6) Левашов Н.В. Неоднородная Вселенная. — Научно-популярное издание: Архангельск, 2006. — 396 с., ил. ISBN 5-85879-226-X
- (7) Голин Г. М., Филонович С. Р. Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.) Справ. пособие. — М.:Высш. шк.,1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3
- (8) Википедия. Эксперимент Кавендиша. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82\\_%D0%9A%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D1%88%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9A%D0%B0%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D1%88%D0%B0)
- (9) Naked Science. Проведено новое, беспрецедентно точное измерение силы гравитации. URL: <https://naked-science.ru/article/sci/provedeno-novoe-besprecedentno-tochnoe>
- (10) Википедия. Кавендиш, Генри. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8760#.D0.93.D1.80.D0.B0.D0.B2.D0.B8.D1.82.D0.B0.D1.86.D0.B8.D0.BE.D0.BD.D0.BD.D0.B0.D1.8F.D0.BF.D0.BE.D1.81.D1.82.D0.BE.D1.8F.D0.BD.D0.BD.D0.B0.D1.8F>

- (11) Адаев Уалихан Жолдасбекович. Новые доказательства в современной теории гравитации. URL:  
<http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/150304155219.pdf>
- (12) Санкт-Петербургская школа. Закон всемирного тяготения URL:  
<http://www.eduspb.com/node/1725>