

ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕПЛОМЕХАНИКА

А.Л. ДМИТРИЕВ

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики

ПРОСТОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЙ ОТРИЦАТЕЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Приведены результаты взвешивания герметичного контейнера, содержащего теплоизолированный образец из меди, нагреваемый вольфрамовой спиралью. Увеличение температуры образца массой 28 г на величину около 10 °С обуславливает уменьшение его кажущейся массы на 0,7 мг. Кратко рассмотрены основные источники ошибок измерений, отмечена целесообразность исследований температурной зависимости силы тяжести.

A.L. DMITRIEV

St.-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics

SIMPLE EXPERIMENT CONFIRMING THE NEGATIVE TEMPERATURE DEPENDENCE OF GRAVITY

Results of weighing of the tight vessel containing a thermo - isolated copper test sample heated by tungstic spiral are submitted. The increase of temperature of a sample with mass 28 g near 10 °C causes the reduction of its apparent weight on 0,7 mg. The basic sources of mistakes of measurements are briefly considered, the expediency of researches of temperature dependence of a gravity is marked.

Ключевые слова: сила тяжести, вес, температура, гравитационная масса.

Key words: gravity force, weight, temperature, gravity mass.

Введение

Вопрос о влиянии температуры тел на силу их гравитационного взаимодействия поднимался еще со времен формулировки закона тяготения. Первые точные эксперименты в этой области проводились в конце XIX – начале XX века, с целью проверки следствий различных электромагнитных теорий гравитации (Ми, Вебер, Морозов), согласно которым сила гравитационного притяжения тел увеличивается при росте их абсолютной температуры [1...3]. Этот период экспериментальных исследований завершился в 1923 г. публикацией работы Шоу и Дэви, по заключению которых температурная зависимость сил гравитации не превышает относительной величины $2 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, а может быть и равна нулю [4]. Фактически, как показано в работе [5], эти авторы уверенно регистрировали отрицательную температурную зависимость силы гравитации. Тем не менее, возможно, ввиду роста

популярности общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна, Шоу и Дэви не решились настаивать на своих результатах. Ведь, согласно доктринам ОТО, положительная относительная температурная зависимость силы гравитации порядка 10^{-15} град⁻¹, т.е. практически не наблюдаема [6]. Следует отметить, что нерелятивистские, в том числе эфирные модели гравитации, как и отдельные (порой экзотические) гипотезы о природе гравитации, не исключают сравнительно «сильную» температурную зависимость силы тяготения [7, 8]. Здесь уместно отметить поставленный в 1983 г. эксперимент А.П. Щеголева, который, следуя идее о «термодинамической» природе гравитации, наблюдал температурное уменьшение веса массивного стального шара, нагреваемого лучом мощного лазера [9]; к сожалению, точность этих экспериментов была сравнительно невелика.

В 90-е годы, при исследованиях влияния ускоренного движения пробного тела на результаты

его точного взвешивания и на основе отдельных аналогий гравитационных и электромагнитных явлений, автором с коллегами были выполнены измерения кажущейся массы образцов немагнитных металлических стержней, возбуждаемых ультразвуком [10]. Продольные ультразвуковые волны в стержнях, создаваемые пьезоэлектрическим преобразователем, сопровождаются значительными ускорениями микрочастиц материала звукопровода, что и было положено в основу идеи измерений. В ходе экспериментов выяснилось, что на результаты измерений веса стержней значительно влияет увеличение их температуры, вследствие как поглощения ультразвука, так и теплопередачи от пьезо-преобразователя. Частотный спектр температурных колебаний частиц твердого тела лежит в области гиперзвуковых частот и существенно превышает частоту ультразвука, поэтому такие результаты закономерны. Выполненные по указанной методике измерения температурной зависимости веса (кажущейся массы) металлических образцов показали сравнительно сильную отрицательную температурную зависимость их веса с относительной величиной γ от $4,6 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ для образца из свинца до $11,6 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ для дюралюминия. Элементарная феноменологическая теория температурной зависимости веса образцов [10, 11] удовлетворительно объяснила зависимость температурного коэффициента γ от плотности ρ и упругих свойств (скорости V продольных ультразвуковых волн) материала

$$\gamma \propto -\frac{V}{\sqrt{\rho}}.$$

Эта же модель позволила обосновать ориентационную зависимость веса некоторых кристаллов [12].

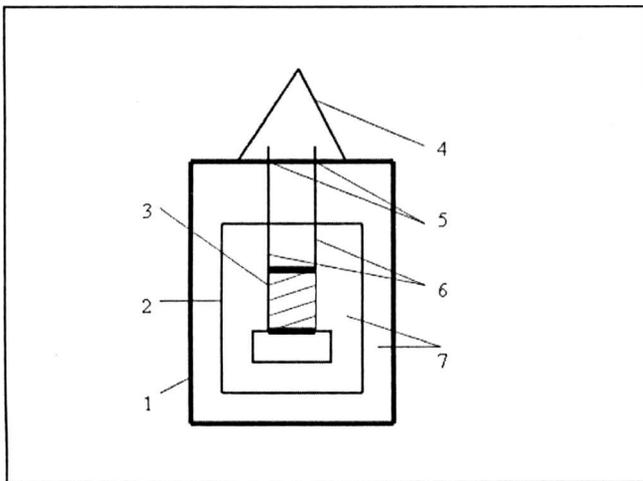


Рис. 1. Устройство контейнера: 1 – внешний, запаянный, корпус из жести; 2 – оболочка внутреннего корпуса (фольга); 3 – тупка из меди, обернутая слюдой и вольфрамовой спиралью; 5 – подвеска; 5 – «холодная сварка» (полимерный клей); 6 – медные проводники; 7 – теплоизолирующие оболочки (пенопласт).

Хотя результаты измерений отрицательной температурной зависимости гравитации находятся в очевидном несогласии с выводами ОТО, они не противоречат ранее выполненным экспериментам и никем не были оспорены. Наоборот, в 2010 г. опубликована работа китайских физиков (Лианцао, Джинсонг, Лю), исследовавших температурную зависимость веса металлических образцов (включая образцы из меди, золота и серебра), при этом знак и величина температурного коэффициента γ для медного образца близко соответствуют нашим данным [13]. Недавно выполненные измерения температурной зависимости веса стопы пьезокерамических преобразователей, возбужденных на резонансной частоте, также продемонстрировали заметное уменьшение веса пьезокерамики с ростом ее температуры [14].

Эксперимент

В описываемом эксперименте взвешивался герметичный контейнер, внутри которого находился теплоизолированный медный образец, нагреваемый вольфрамовой спиралью при пропускании через нее постоянного тока. Устройство контейнера показано на рисунке 1. Диаметр контейнера 63 мм, высота 87,5 мм, масса 127,4 г. Взвешивание производилось методом элонгаций (с отсчетом крайних угловых положений колеблющегося коромысла весов) на лабораторных весах марки АДЛ-200 со снятыми демпферами. Процедура взвешивания содержала три этапа. На первом в течение 5...6 мин взвешивался контейнер с холодным образцом. На втором этапе общей длительностью 2,5 мин электроды нагревателя контейнера на время 35 с подключались к источнику постоянного тока; сила тока в цепи нагревателя 0,9 А, сопротивление обмотки 6,5 Ом. На третьем этапе в течение 8...9 мин производились непрерывные отсчеты текущих значений массы контейнера. Все отмеченные манипуляции были многократно и тщательно отработаны, результирующая погрешность измерения массы контейнера не превышала 50 мкг.

Во время измерений температура стенок и дна контейнера равнялась $24,9 \pm 0,2$ °С. Температура наиболее «горячей» центральной области крышки контейнера с момента включения нагревателя увеличивалась со скоростью менее 0,1 °/мин; так, в первые две минуты после отключения источника питания нагревателя температура крышки контейнера возросла не более чем на 0,15 °С. При указанных условиях влияющие конвективные потоки воздуха, обусловленные различием температур поверхности контейнера и воздуха в закрытом ящике весов, было

практически незначительным. Отсутствие течи (герметизация) контейнера проверялось двумя методами. В первом измерялась величина прогиба днища контейнера, выполняющего роль «мембраны» манометра. При обычном (35 с) времени нагрева прогиб днища не превышал 5 мкм, а при увеличенном (180 с) достигал 16 мкм и за время 4 минуты оставался постоянным, что подтверждало отсутствие течи. Во втором методе поверхность контейнера покрывалась толстым слоем герметика, что, как показали контрольные тепловые измерения массы контейнера, не влияло на их результаты. Изменения плавучести, вызванные увеличением объема контейнера вследствие повышения давления воздуха в нем и обусловленные, в наибольшей степени, прогибом днища, не превышали 20 мкг, что примерно в 30 раз меньше регистрируемой величины эффекта.

Типичная временная зависимость изменения кажущейся массы контейнера показана на рисунке 2. В первые 2...3 мин после выключения нагревателя уменьшение массы контейнера максимально, достигая 200 мкг, после чего в течение примерно 3 мин наблюдается монотонное уменьшение массы до величины $\Delta m \approx 700$ мкг.

Обсуждение

Расчетное количество тепла, выделенное электрическим нагревателем, примерно равно 184 Дж.

Часть этого тепла рассеивается в проводниках и теплоизоляторе, но значительная, величиной около 100 Дж часть ΔQ передается медному образцу 3 (рис. 1) массой $m \approx 28$ г. Соответствующее изменение ΔT средней температуры равномерно нагретого образца ($\Delta T = \Delta Q / mc$, где $c = 3,9 \cdot 10^2$ Дж/кг·град удельная теплоемкость меди) $\Delta T \approx 9$ °С. Относительное температурное изменение массы образца

$$\gamma = \frac{\Delta m}{m \Delta T}$$

равно $\gamma = -2,8 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Это значение более чем в два раза отличается от результата, полученного при ультразвуковом нагревании медного образца, тем не менее, знак и порядок величины γ соответствуют предыдущим измерениям [10...14]; при сравнении указанных результатов необходимо принимать во внимание различие физических условий нагревания образца ультразвуком и при теплопередаче.

Общий характер уменьшения кажущейся массы на рис. 2 объясняется процессом распространения тепла в медном образце сложной конфигурации (нагреваемая часть полый медной втулки составляет примерно половину ее длины, диаметры нагреваемой и холостой частей втулки различаются) и, в целом, соответствует аналогичной зависимости при измерениях массы латунного стержня в сосуде Дьюара [10]. В обоих случаях монотонная временная зависимость измеряемой

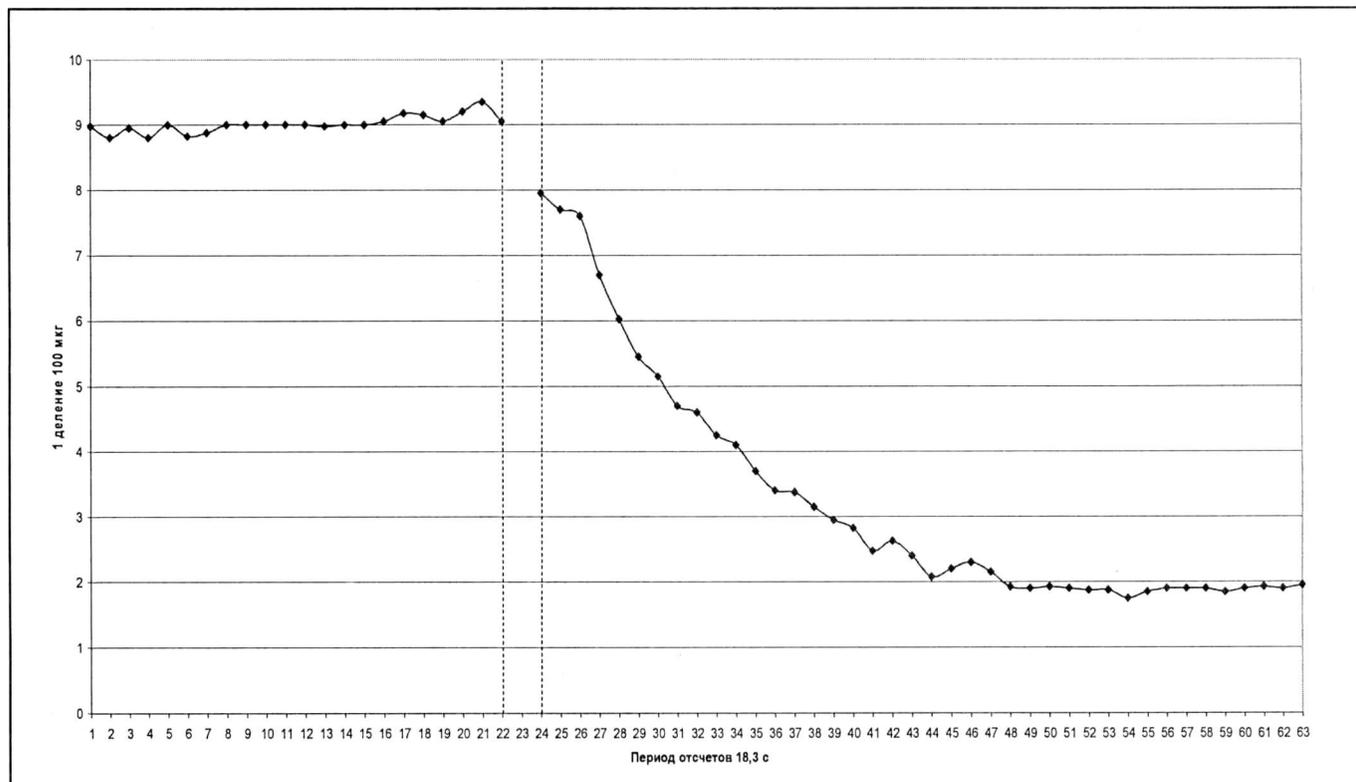


Рис. 2. Временная зависимость изменений кажущейся массы контейнера. Штрихованные линии указывают моменты начала и окончания второго этапа взвешивания (масштаб времени этого этапа уменьшен).

массы объясняется медленным распространением тепловой волны во взвешиваемых образцах.

Как показали специальные измерения, в ходе эксперимента изменение температуры верхней части контейнера не превышало $0,5^\circ$, а температура стенок оставалась постоянной с точностью $0,2^\circ$. При этих условиях, на основании теории Глэзера [15], изменения кажущейся массы контейнера, обусловленные воздушной конвекцией и изменением плавучести образца, не превышают 50 мкг. Так, при разности Δt температуры окружающего воздуха и температуры поверхности цилиндра площадью $A=173\text{ см}^2$ и диаметром $d=6,3\text{ см}$, изменение Δm кажущейся массы цилиндрического образца равно

$$\Delta m = -9,2 \cdot 10^{-7} A d^{1/4} \Delta t^{3/4}. \quad (1)$$

При явно завышенной для условий описываемого эксперимента $\Delta t=0,2^\circ$ из (1) следует $\Delta m \approx 75$ мкг, что примерно на порядок меньше наблюдаемой полной величины изменения массы.

Можно показать, что изменение плавучести, вызванное температурным изменением объема контейнера, вызванным линейным расширением материала его стенок, при изменении температуры корпуса контейнера на 1°C , обуславливает ошибку измерений его кажущейся массы величиной менее 10 мкг.

Результаты выполненного эксперимента, в целом, согласуются с полученными ранее данными [10...13], подтверждая факт сравнительно сильной отрицательной температурной зависимости силы тяготения, действующей на нагреваемое пробное тело.

Как примечание отметим следующее. Если в ходе дальнейших экспериментов будет показано, что указанная температурная зависимость носит универсальный характер, то, возможно, возникнет необходимость корректировки некоторых выводов общеизвестных теорий и моделей гравитации. В частности, отрицательная температурная зависимость силы гравитации указывает на то, что в ходе (астрофизического) гравитационного коллапса, сопровождающегося увеличением температуры коллапсирующей массы, достижение так называемого состояния «сингулярности» невозможно. Следовательно, и популярная гипотеза «черных дыр» может представляться весьма сомнительной.

Примечание главного редактора. С ростом температуры тела, согласно СТО (см. статью А.В. Кошелева в нашем журнале № 1 за 2012 год) вес тела увеличивается. Наблюдаемое уменьшение веса тела требует тщательной проверки.

Выводы

Увеличение температуры теплоизолированного медного образца массой 28 г на величину около 10°C сопровождается уменьшением его кажущейся массы более чем на 0,7 мг.

Наблюдаемая сравнительно «сильная», с относительной величиной порядка 10^{-6} град $^{-1}$, отрицательная температурная зависимость физического веса тел не противоречит известным экспериментам по точному взвешиванию нагреваемых тел.

Экспериментальные исследования температурной зависимости веса тел различного состава, проводимые в широком диапазоне температур, будут способствовать развитию представлений о физике гравитационного взаимодействия.

Контактная информация:

E-mail: alex@dmitriyev.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богородский А. Всемирное тяготение. К.: Наукова думка, 1971.
2. Роузвер Н. Перигелий Меркурия. М.: Мир, 1985.
3. Gillies G. Rep. Prog. Phys. 1997. Vol. 60.
4. Shaw P., Davy N. Phys. Rev. 1923. Vol. 21.
5. Dmitriev A. arXiv, physics/0611173. 20 Nov. 2006.
6. Assis A., Clemente R. Nuovo Cimento. 1993. Vol. 108 B. № 6.
7. Сизов Р. Магнитные фундаментальные частицы в физике магнитных и электромагнитных явлений. М., 2007.
8. Бухалов И. Инерция и гравитация. М.: КомКнига, 2007.
9. Щеголев А. Нужен гравитер! СПб., 2009.
10. Дмитриев А., Никущенко Е., Снегов В. Измерительная техника. 2003. № 2.
11. Dmitriev A. AIP Conf. Proc. 2008. Vol. 969; 2009, Vol. 1103.
12. Дмитриев А., Чесноков Н. Измерительная техника. 2004. № 9.
13. Liangzao Fan, Jinsong Feng. Wuquing Liu Engineering Sciences. China, 2010. 12(2). 9.
14. Dmitriev A., Nikushchenko E. arXiv:1105.266v1 [physics.gen-ph], 16 May 2011.
15. Glaser M. Metrologia. 1990. Vol. 27. № 2.

Статья поступила в редакцию 17.01.2012 г.