



# Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. И. Башков, А. Н. Гильманов, Н. А. Сахибуллин,  
К проблеме определения значения гравитационной постоянной,  
*Исслед. по информ.*, 2000, выпуск 2, 173–176

<https://www.mathnet.ru/ipi35>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.14.81

21 апреля 2025 г., 15:19:59



## К ПРОБЛЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

В.И. Башков, А.Н. Гильманов, Н.А. Сахибуллин

Хотя прошло уже более 300 лет с времени открытия И.Ньютоном закона всемирного тяготения, константа гравитационного взаимодействия  $G$  остается наименее точно измеренной по сравнению с остальными фундаментальными константами. Так, разница между геофизическим значением постоянного тяготения и лабораторным составляет около 1% при точности экспериментов 0,5%. Неоднозначность полученных значений  $G$  прослеживается и в разных модификациях лабораторных экспериментов кавендишского типа. Перед физиками встает проблема, которую можно рассматривать как проблему фундаментальности или постоянства гравитационной константы  $G$ . В ряду решения фундаментальных задач стоит и другой вопрос, связанный с наличием многочисленных фактов отклонения от закона Ньютона (например, нарушение закона обратных квадратов).

В рамках разрешения этих двух ключевых проблем появилось много исследований, отраженных в обзоре [1], которые направлены на поиск пятого фундаментального взаимодействия (или "пятой силы") с промежуточным радиусом действия. Термин "промежуточный" следует здесь понимать в сопоставлении с радиусами действия четырех известных типов взаимодействий: области действия гравитационного и электромагнитного взаимодействий простираются до бесконечности, сильного – до  $10^{13}$  см, слабого – до  $10^{16}$  см. Даже малые успехи в направлении поиска "пятой силы" могли бы оказаться полезными в установлении общих принципов для известных типов взаимодействий, что могло бы представить интерес для построения единой квантовой теории фундаментальных взаимодействий.

Однако до настоящего времени нет надежных экспериментов, объясняющих наблюдаемые факты отклонения от закона Ньютона, как нет и удовлетворительных теорий. Многочисленные эксперименты, проведенные за последние 25 лет, на вопросы: имеем ли мы дело с новым типом взаимодействия или с комбинацией известных сил, а может быть все результаты экспериментов ошибочны, - однозначного ответа не дали. Повышение точности измерений и улучшение методов математической обработки результатов измерений – этот путь вряд ли можно считать кардинальным. Решение вопроса некоторые авторы связывают с постановкой оригинальных экспериментов. Так, в ряде работ (см., например, [2], [3]) предлагаются новые лабораторные эксперименты, использующие эффект

Казимира для исследования зависимости взаимодействия двух электро-нейтральных тел от их формы и состава.

Не утешают и результаты теоретических исследований. Анализ современных теорий [1], приводящих к появлению юкавского потенциала взаимодействия, показывает, что они не поддержаны существующим экспериментальным фундаментом, который используется для тестирования новых теорий тяготения. Имеются в виду красное смещение для фотона, отклонение лучей света при прохождении вблизи звезд, смещение перигелия Меркурия и запаздывание радарного сигнала. Следует признать, что теория тяготения Эйнштейна до сего дня надежно защищена от критиков приведенным экспериментальным фундаментом [4]. Если говорить о скудности фундамента, то это уже другой вопрос.

Возвращаясь к экспериментам по поиску отклонений от закона Ньютона и определению значения  $G$ , обратим внимание на следующее. Гравитационное взаимодействие – слабейшее среди четырех известных фундаментальных физических взаимодействий и потому является наиболее сложным для экспериментального изучения ввиду сильной уязвимости со стороны остальных взаимодействий. К тому же не исключена возможность влияния на результаты еще одного, быть может присутствующего, но пока неоткрытого пятого фундаментального взаимодействия. Так или иначе эти взаимодействия могут давать заметный вклад в результаты изучения гравитационного взаимодействия. Для получения достоверных результатов эти вклады надо учитывать (что очень сложно или невозможно) или стараться от них избавиться.

Одним из путей частичного устранения нежелательных вкладов при изучении гравитационного взаимодействия является выбор расстояния между взаимодействующими телами. Эксперименты ставятся на различных расстояниях: на малых – от долей миллиметра до нескольких десятков сантиметров, средних – от сотен до десятков тысяч метров, больших – от десяти до сотни килопарсек. Для каждого из этих “промежуточных” интервалов вклад в соотношение, описывающее закон тяготения, отличный от ньютоновского, имеет свою специфику. Например, в силу малости квантовых поправок учет квантовой природы гравитационного взаимодействия проводится только для расстояний меньше миллиметра [1].

В известной мере учитывая фактор расстояния при изучении гравитационного взаимодействия [1], [5], исследователи опускают из рассмотрения температурный фактор. Такой подход вряд ли можно считать правильным. Обоснуем сказанное.

Вклады, обуславливающие нарушение закона Ньютона, дают как статические потенциалы, так и динамические источники неньютоновских взаимодействий и соответствующих сил. В настоящее время теоретические исследования проведены лишь с учетом статических потенциалов, не

касаясь динамических источников. Нет даже оценок их вкладов. А они могут быть существенны, и в экспериментах по гравитации их можно рассматривать как искажающие результат факторы, т.е. как шумы. Встает вопрос: нельзя ли в экспериментах по гравитации минимизировать эти шумы. Очевидно можно, если эксперимент проводить при низких температурах. Хорошо известно: при температурах, лежащих ниже точки кипения жидкого воздуха, состояние вещества можно рассматривать как упорядоченное состояние с сильным подавлением теплового движения атомов и молекул. И это подавление зависит от тепловых и кинетических свойств твердого тела и выражается тем сильнее, чем ниже температура, которую на практике доводят до температуры жидкого гелия и даже ниже, приближаясь к температуре абсолютного нуля. Этот фактор широко используется, например, в электронике и радиотехнике для подавления аппаратурных шумов.

Аналогично обстоит дело и при постановке экспериментов по гравитации. Уменьшение тепловых шумов взаимодействующих тел может оказаться наиболее эффективным при измерении гравитационных сил при расстояниях между двумя телами менее 2 см, где появляются специфические трудности измерений (см. [5], с. 29-31). В этих экспериментах не исключается возможность проведения измерений на расстояниях до 10 см, что охватывает области с различными механизмами возникновения промежуточных короткодействующих сил, отличающихся от гравитационного дальнего действия. Представляет интерес проследить полученные результаты при изменении температуры от самых низких до высоких вплоть до температуры плавления участвующих в эксперименте тел.

Вышеизложенные соображения являются, по- существу, обоснованием постановки двух экспериментов, новизна которых заключается в получении температурной зависимости искомых параметров. Особенности и требования к экспериментам можно проследить в вербальных алгоритмах, приведенных ниже.

#### *Первый эксперимент.*

1. Поместить пробное тело в изолированное пространство.
2. В изолированном пространстве создать глубокий вакуум и довести температуру тела до возможно низкой.
3. Аналитическими весами измерить силу притяжения тела Землей.
4. Повышая температуру тела и фиксируя ее в определенных точках, измерять силу притяжения тела Землей.

#### *Второй эксперимент.*

1. Собрать установку кавендишского типа для измерения  $G$ .
2. Поместить взаимодействующие тела в изолированное пространство, установив определенное расстояние между ними.

3. В изолированном пространстве создать глубокий вакуум и довести температуру тел до возможно низкой.

4. Провести измерение константы тяготения  $G$ .

5. Повышая температуру тел и фиксируя ее в определенных точках, измерять  $G$ .

6. Эксперимент повторять для разных расстояний между взаимодействующими телами и проверить, укладываются ли полученные данные в закон Ньютона.

В заключение отметим, что проведение предложенных экспериментов не является невыполнимой задачей для современной экспериментальной физики. Нет сомнения, что важность проблемы исследования оправдывает вложенные средства и трудовые усилия.

### Литература

1. Мельников В.Н., Пронин П.И. Проблема стабильности гравитационной постоянной и дополнительные взаимодействия // Итоги науки и техники. Астрономия. - 1991. - т.41. - С. 5-86.

2. Мостепаненко В.М., Соколов И.Ю. Ограничения на параметры антигравитона спина -1 и дилатона, вытекающие из эффекта Казимира и опытов Этвеша и Кавендиша // Ядерн. физ. - 1989. - т. 49. - №6. - С. 1807-1811.

3. Murphy G.L. // Int. J. Theor. Phys. 1989.- v.28, № 8. - P.923.

4. Уилл К. Теория и эксперимент в гравитационной физике. - М.: Энергоатомиздат, 1985.

5. Экспериментальные тесты теории гравитации / Под ред. В.Б. Брагинского, В.И. Денисова. - М.: Изд-во МГУ, 1989.