

ГРАВИТАЦИЯ КАК КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ МАССИВНЫХ ТЕЛ

А.К. Гуц

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: aguts@mail.ru

Сочинский государственный университет, Сочи, Россия

Аннотация. Показано, что формулу Ньютона для силы всемирного тяготения можно представить как силу, отвечающую квантовой запутанности тяготеющих тел. Обсуждается природа гравитации.

Ключевые слова: гравитация, формула Ньютона, запутанность.

Введение

Дав выражения для *силы* взаимодействия тел с массами M и m , воспринимаемое людьми как притяжение тел, и объяснив посредством понятия *притяжение* падение тел на Землю, И. Ньютон ничего не сказал о природе притяжения. Природа гравитации оставалась загадкой для физиков вплоть до создания А. Эйнштейном общей теории относительности (ОТО). Притяжение тел по А. Эйнштейну – это результат искривления 4-мерного пространства-времени.

Заметим, что основополагающие уравнения Эйнштейна

$$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R = \kappa T_{\text{мат.},ik}$$

были выведены Д. Гильбертом из вариационного принципа

$$\delta \int R \sqrt{-g} d^4x - \kappa \delta \int L_{\text{мат.}} \sqrt{-g} d^4x = 0.$$

Однако константа $\kappa = 8\pi G/c^4$ была найдена только при выписывании уравнений Эйнштейна для слабого метрического поля g_{ik} и при сравнении полученного уравнения с уравнением Пуассона

$$\Delta U = 4\pi G \rho_{\text{мат.}},$$

которому удовлетворяет ньютоновский потенциал гравитационного поля $U = -GM/r$, где r – расстояние между телами.

Именно величина r , а точнее, её квадрат, и фигурирует во всех высказываниях И. Ньютона в его гениальном труде «Математические начала натуральной философии». Эти высказывания на языке математики и дают следующее знаменитое выражение для силы притяжения двух тел:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}. \quad (1)$$

Почему именно r^2 ? Объясняя этот факт, можно сослаться на эксперименты, можно сослаться на то, что именно в таком виде формула хорошо объясняет как движение планет, так и падение тел на Земле. Кроме того, существуют работы, показывающие, что если взять другую степень величины r , то они подходят лишь для пространства иной размерности, чем 3.

Но хотелось бы чисто математически получить r^2 , опираясь на вторую по значимости физическую теорию, открытую в XX в., т. е. на квантовую механику. Тем самым была бы установлена квантовая природа ньютоновской гравитации.

1. Дальнодействие гравитации

Сила притяжения Ньютона передаётся от тела к телу мгновенно, т. е. с бесконечной скоростью. Теория относительности, как известно, не допускает движения материальных тел быстрее скорости света. Гравитационные волны и квантовые носители гравитации, гравитоны, перемещаются со скоростью света. То есть гравитация Эйнштейна, базирующаяся на постулате псевдоримановости метрики g_{ik} пространства-времени, казалось бы, отвергает дальнодействие ньютоновской гравитации. Но это только на первый взгляд. Дело в том, что псевдориманова метрика появляется на базовом гладком многообразии M^4 априори сразу и везде, т. е. искривление даётся изначально, и как оно появилось там или здесь ОТО никогда не поясняла. Грубо говоря, искривление даётся везде на M^4 *мгновением мысли*. А это явно форма дальнодействия. Поэтому фактически дальнодействие в ОТО постулируется при произнесении фразы: «Рассмотрим лоренцево многообразие M^4 с метрикой g_{ik} , удовлетворяющее уравнениям Эйнштейна с правой частью, заданной тензором $T_{\text{мат},ik}$ ». Другой вопрос, как это дальнодействие проявляется в ОТО.

К сказанному остаётся только добавить, что аналог формулы (1) появляется в пространстве-времени Шварцшильда, описывающем гравитационное поле Солнца (или планет) в виде, предполагающем всё то же дальнодействие притяжения [1, с. 26]:

$$F = G \frac{Mm}{r^2 \sqrt{1 - \frac{r_g}{r}}}. \quad (2)$$

Однако квантовая механика предсказала существование мгновенной передачи воздействия, названного *запутанностью* (сцепленностью, квантовой корреляцией, несиловым воздействием – А.Д. Александров), подтверждённой экспериментально для частиц. Таким образом, появилась возможность объяснить ньютоновское притяжение (а также кулоновское взаимодействие между точечными зарядами) как квантовую запутанность.

2. Новая формула для силы притяжения

Оставляя в стороне ОТО, где сила притяжения может иметь форму, отличную от формулы Ньютона, и возвращаясь к ньютоновской гравитации, постараемся объяснить природу величины r^2 посредством постулирования конкретной формы кван-

тового дальнего действия, которое вошло в квантовую механику посредством понятия *запутанности* квантовых объектов.

Пусть дано евклидово 3-мерное пространство V^3 , которое рассматриваем как 3-мерное векторное пространство. Вместо формулы (1) вводим формулу

$$F = G \frac{Mm}{\left\| \frac{1}{\sqrt{2}}(|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle - |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle) \right\|^2}. \quad (3)$$

Здесь $\vec{r}_M, \vec{r}_m$ – радиус-векторы центров двух тяготеющих масс M и m в пространстве V^3 , в обозначениях квантовой механики записываемые как $|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle$ и $|r_m\rangle \otimes |r_M\rangle$ соответственно, а тензоры $\vec{r}_M \otimes \vec{r}_m, \vec{r}_m \otimes \vec{r}_M$, или $|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle$ и $|r_m\rangle \otimes |r_M\rangle$, – элементы пространства $V^3 \otimes V^3$.

В знаменателе формулы (3) стоит квадрат нормы пространства $V^3 \otimes V^3$ неразложимого (запутанного) элемента этого тензорного произведения векторных пространств.

Фактически мы считаем запутанными физические объекты с массами M и m . Неразложимость, или запутанность, тензора

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle - |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle) \quad (4)$$

показана ниже в п. 3.

Следовательно, формула (3) сразу постулирует мгновенный способ передачи ньютоновского притяжения, указывая тем самым на квантовую природу гравитации.

Формула (3) – это не что иное, как формула (1). Покажем это.

Возьмём векторы $\vec{r}_M, \vec{r}_m$ следующим образом:

$$\vec{r}_M = (0, 0, 1), |\vec{r}_M| = ||r_M\rangle| = 1 \text{ (эталонный вектор)}, \vec{r}_M \perp \vec{r}, \vec{r} = \vec{r}_m - \vec{r}_M.$$

Тогда

$$\sin \angle(\vec{r}_M, \vec{r}_m) = \frac{r}{||r_m\rangle|}.$$

Вычисляя знаменатель в (3), получаем

$$\begin{aligned} & \left\| \frac{1}{\sqrt{2}}(|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle - |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle) \right\|^2 = \\ &= \frac{1}{2}[(|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle - |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle, |r_M\rangle \otimes |r_m\rangle - |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle)] = \\ &= \frac{1}{2}[(|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle, |r_M\rangle \otimes |r_m\rangle) + (|r_m\rangle \otimes |r_M\rangle, |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle) - \\ & - (|r_M\rangle \otimes |r_m\rangle, |r_m\rangle \otimes |r_M\rangle) - (|r_m\rangle \otimes |r_M\rangle, |r_M\rangle \otimes |r_m\rangle)] = \\ &= \frac{1}{2}[(|r_M\rangle, |r_M\rangle)(|r_m\rangle, |r_m\rangle) + (|r_m\rangle, |r_m\rangle)(|r_M\rangle, |r_M\rangle) - \\ & - (|r_M\rangle, |r_m\rangle)(|r_m\rangle, |r_M\rangle) - (|r_m\rangle, |r_M\rangle)(|r_M\rangle, |r_m\rangle)] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2}[2||r_m\rangle|^2||r_M\rangle|^2 - 2|(|r_m\rangle, |r_M\rangle)|^2] = ||r_m\rangle|^2 - ||r_m\rangle|^2 \cos^2 \angle(\vec{r}_M, \vec{r}_m) = \\
&= ||r_m\rangle|^2 \sin^2 \angle(\vec{r}_M, \vec{r}_m) = ||r_m\rangle|^2 \frac{r^2}{||r_m\rangle|^2} = r^2.
\end{aligned}$$

Как видим, знаменатели в (1) и (3) совпадают, что мы и хотели показать.

Если в формулу (2) вместо r подставить выражение для r , вычисляемое по формуле (4), то и в ОТО гравитацию можно объяснять запутанностью двух массивных объектов.

3. Проверка запутанности элемента (4)

Раскладываем векторы $\vec{r}_M, \vec{r}_m$ по базисным $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$. Имеем

$$\vec{r}_m = \sum_{i=1}^3 a_i \vec{e}_i, \quad \vec{r}_M = \sum_{j=1}^3 b_j \vec{e}_j.$$

Раскладываем по базисным векторам $\vec{e}_i \otimes \vec{e}_j$ пространства $V^3 \otimes V^3$ тензор

$$\vec{r}_m \otimes \vec{r}_M - \vec{r}_M \otimes \vec{r}_m = \sum_{i,j=1}^3 \alpha_{ij} \vec{e}_i \otimes \vec{e}_j.$$

Получаем матрицу, помня, что $\vec{r}_M = (0, 0, 1)$:

$$A = (\alpha_{ij}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & a_1 b_3 \\ 0 & 0 & a_2 b_3 \\ -b_3 a_1 & -b_3 a_2 & a_3 b_3 - b_3 a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & a_1 \\ 0 & 0 & a_2 \\ -a_1 & -a_2 & 0 \end{pmatrix}.$$

Выписываем миноры 2-го порядка:

$$M_{22} = \begin{vmatrix} 0 & a_1 \\ -a_1 & 0 \end{vmatrix} = a_1^2, \quad M_{11} = \begin{vmatrix} 0 & a_2 \\ -a_2 & 0 \end{vmatrix} = a_2^2, \quad M_{12} = \begin{vmatrix} 0 & a_2 \\ -a_1 & 0 \end{vmatrix} = a_1 a_2.$$

Все эти миноры равны нулю, если $a_1 = a_2 = 0$. Но тогда $r = 0$, т. е. массы имеют один центр. Мы же рассматриваем разнесённые в пространстве тела (точечные частицы). Значит хотя бы $a_1 \neq 0$ или $a_2 \neq 0$. Получаем, что один из миноров отличен от нуля. Значит $\text{rang}(A) > 1$. И в силу критерия запутанности, приведённого в [2, с. 31], наш тензор (4) запутан.

4. Носитель гравитации

Если это гравитон, то его траектория, как и фотона, изотропна в пространстве-времени, т. е. для неё интервал $ds^2 = 0$ и его собственное время равно нулю, т. е. его перемещение для него мгновенно. Но есть ещё одна сущность, которая перемещается таким образом. Это *время*, как утверждал Н.А. Козырев [3], и что он наблюдал, ставя эксперименты, подтверждённые сотрудниками Института математики СО АН СССР академиками М.М. Лаврентьевым, И.А. Егановой, М.К. Луцетом, С.Ф. Фоминых [4].

Заключение

Природа гравитации, как известно, самим И. Ньютоном никак не была описана – он предпочитал обсчитываемые факты, а не фантазии на тему их сущности. Запутанность, во всяком случае, экспериментально зафиксирована, и экспериментаторы вознаграждены Нобелевской премией. Роль Н.А. Козырева в этих изысканиях на научных форумах не обсуждается. Если обратиться к статье [5]¹, то запутанность частиц – это порождение кротовой норы (и наоборот), соединяющей тяготеющие частицы, именно тяготеющие, иных мы не знаем. Иначе говоря, природа гравитации носит топологический характер – тяготение идёт не по кратчайшей в *неизменном* пространстве, а посредством нарушения односвязности пространства.

Литература

1. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Общая теория относительности и астрофизика // Эйнштейновский сборник. М.: Наука, 1966. С. 18–120.
2. Кронберг Д.А., Ожигов Ю.И., Чернявский А.Ю. Алгебраический аппарат квантовой информатики. М.: МГУ, Факультет ВМК, 2016.
3. Козырев Н.А. Астрономическое доказательство реальности четырехмерной геометрии Минковского // Проявление космических факторов на Земле и звёздах: сб. ст. М.-Л.: Всесоюз. астроном.-геодез. о-во, 1980. С. 85–93.
4. Лаврентьев М.М., Еганова И.А., Луцет М.К., Фоминых С.Ф. О дистанционном воздействии звезд на резистор // Докл. АН СССР. 1990. Т. 314, № 2. С. 352–355.
5. Maldacena J., Susskind L. Cool horizons for entangled black holes. ArXiv:1306.0533v2.

GRAVITY AS QUANTUM ENTANGLEMENT OF MASSIVE BODIES

A.K. Guts

Dr.Sc. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: aguts@mail.ru

Sochi State University, Sochi, Russia

Abstract. It is shown that Newton's formula for the force of universal gravitation can be represented as a force corresponding to the quantum entanglement of gravitating bodies. The nature of gravity is discussed.

Keywords: gravity, Newton's formula, entanglement.

Дата поступления в редакцию: 23.02.2025

¹Цитата: «Очень заманчиво думать, что любая система, коррелированная с EPR, связана каким-то ER-мостом, хотя в целом этот мост может быть высококвантовым объектом, который еще предстоит независимо определить» [5]. Здесь EPR – это запутанность, ER-мост – кротовая нора.