Квантовая Магия, том 4, вып. 3, стр. 3112-3117, 2007

Эффекты гравитации

П.В. Путенихин

(Получена 27 мая 2007; опубликована 15 июля 2007)

Релятивистское ограничение скорости распространения гравитационного взаимодействия приводит к возникновению эффектов самоускорения или самоторможения систем материальных тел, а также неустойчивости планетарных систем.

Существуют различные мнения о скорости распространения гравитационного взаимодействия (воздействия). Покажем, что в зависимости от этой скорости могут наблюдаться различные эффекты, в частности, упомянутые в работе [1]. Обозначим через Vg скорость, с которой гравитационное воздействие распространяется от тела-источника к телу-приемнику. Разумеется, что выбор источника и приемника условен. Будем считать приемником тело, для которого производится вычисление приложенной к нему силы. Второе тело – инициатор этой силы будет, соответственно, источником.

Если принять, что Vg стремится к бесконечности или многократно превосходит скорость света, то рассматриваемые эффекты будут отсутствовать. Поэтому будем исходить из предположения, что Vg равна скорости света. Рассмотрим примеры без учета релятивистских эффектов.

Эффект первый: ускорение движущейся системы

Рассмотрим систему из жестко связанных тел, движущихся вдоль связки, как показано на рисунке:

Система представляет собой два тела m_1 и m_2, связанных жесткой связкой длиной R. Вся система движется вдоль оси связки со скоростью v. Будем считать, что система находится в пустом бесконечном пространстве и влиянием окружающих тел можно пренебречь. Рассмотрим силу взаимодействия тел для случая $m_1=m_2=m$.

$$F = Km^2/R^2 \qquad (1)$$

где К- гравитационная постоянная.

Здесь принимается, что скорость движения системы не влияет на силу взаимодействия, и связка сжимается телами с силой (1). Однако если скорость передачи взаимодействия ограничена, то картина изменяется. Через некоторое время тела смещаются на некоторое расстояние и занимают положения, соответственно, m_{11} и m_{21}. Поскольку сила гравитационного взаимодействия распространяется от тел с ограниченной скоростью, то очередной «порции квантов» гравитационного воздействия тела m_1 на тело m_2 придется пройти дополнительный отрезок траектории, что означает как бы увеличение расстояния между телами. Другими словами, пока тело m_2 переместилось в точку m_{21}, гравитационное поле не успело измениться в этой области пространства, и тело m_{21} как бы по-прежнему находится в гравитационном поле тела m_1, не успевшего переместиться. То есть получается картина, что тело m_{21} как бы притягивается к телу m_1, не успевшему переместиться. Следовательно, на тело m_{21} действует со стороны второго тела сила, вычисленная не по формуле (1), а сила:

$$F_{21} = Km^2/R^2(1 + v/(Vg-v))^2 \qquad (2)$$

В случае если v=0, получаем формулу (1). Эту же формулу получаем, если Vg стремится к бесконечности. И самый интересный случай, когда v стремится к Vg. В этом случае сила притяжения стремится к нулю: поскольку второе тело как бы «убегает» из гравитационного поля первого тела.

Но и на первое тело со стороны второго, очевидно, действует сила, отличная от рассчитанной по формуле (1). Поскольку тело m_1 движется навстречу «квантам» гравитации второго тела, оно успевает попасть в зону «повышенной» гравитации второго тела, поскольку в данной новой точке пространства второе тело не успело еще «обновить» свое гравитационное поле. Это было поле, созданное вторым телом, когда оно еще находилось в точке m_2. То есть получается, что первое тело, попав в точку m_{11}, оказывается в гравитационном поле, созданном вторым телом из точки m_2. Другими словами, тело m_{11} как бы притягивается телом m_2. Следовательно, сила притяжения рассчитывается для этого уменьшенного расстояния по формуле:

$$F_{11} = Km^2/R^2(1 – v/(Vg+v))^2 \qquad (3)$$

В случае если v = 0, получаем уравнение (1). Если Vg стремится к бесконечности, также получаем уравнение (1).

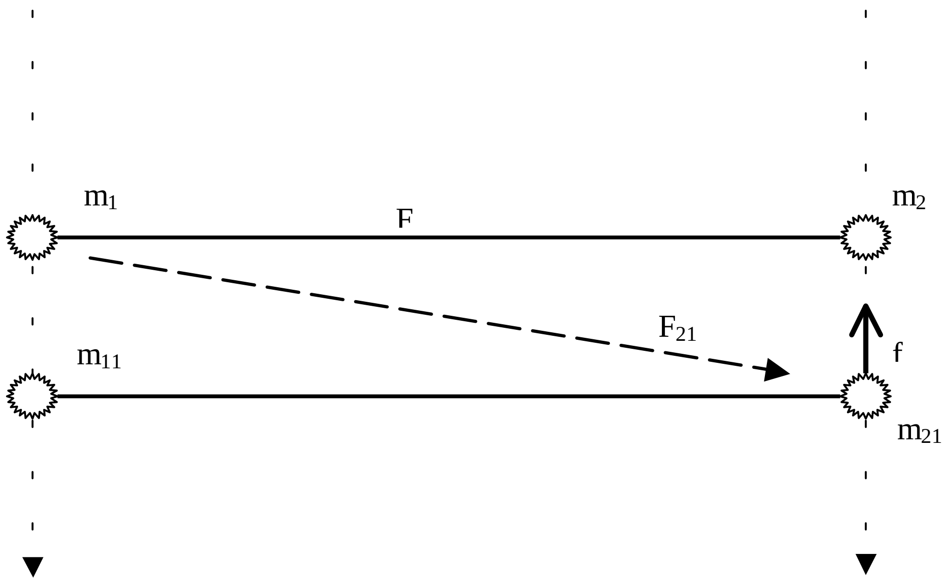
Итак, на два тела в системе действуют две разные силы F_{21} и F_{11}. Очевидно, что под действием этих сил система приобретет ускорение:

$$a = 2(F_{21} – F_{11})/m \qquad (4)$$

Очевидно, что $F_{21} > F_{11}$, то есть сила, действующая на m_1, больше встречной силы и вся система будет двигаться ускоренно. Другими словами при отсутствии любых других тел, два жестко связанных тела начинают двигаться ускоренно в направлении связки, если они получат хоть какую-то начальную скорость.

Эффект второй: торможение движущейся системы

Рассмотрим систему из двух жестко связанных тел, движущихся перпендикулярно связке, как показано на рисунке:



Два связанных тела m_1=m_2=m. Расстояние между телами примем равным R. Система движется прямолинейно со скоростью v перпендикулярно линии связки между ними. Влиянием окружающих систему тел пренебрежем. Система жесткая, но тела в ней притягивают друг друга с силой, вычисляемой по формуле (1). Однако если система находится в движении, то на протяжении какого-то времени тела движутся в как бы «замороженном» гравитационном поле друг друга. Это означает, что за время, когда одно из тел переместилось, «гравитационные кванты» другого тела еще не успели обновить силовое поле вокруг этого переместившегося тела, поскольку скорость распространения этого гравитационного взаимодействия конечна. То есть, можно сказать, что переместившееся тело, например, m_{21} попало в гравитационное поле тела m_1, которое как бы еще остается на прежнем своем месте. То есть на тело m_{21} (а это и есть тело m_2, только в новом положении) действует не сила F, вычисленная по формуле (1), а другая сила – F_{21}. Величина этой силы определяется по формуле:

$$F_{21} = Km^2/R^2(1 + v^2/(Vg^2-v^2))^2 \qquad (5)$$

Эта сила действует под углом к связке тел, поэтому помимо деформации связки она создает и составляющую, направленную противоположно движению системы – f. Величина этой тормозящей силы можно определить по формуле:

$$f = Km^2v/R^2(Vg^2 – v^2)^{1/2}(1 + v^2/(Vg^2-v^2))^2 \qquad (6)$$

При v = 0 получаем, что тормозящая сила равна нулю. Если скорость v стремится к Vg, то получаем из (6):

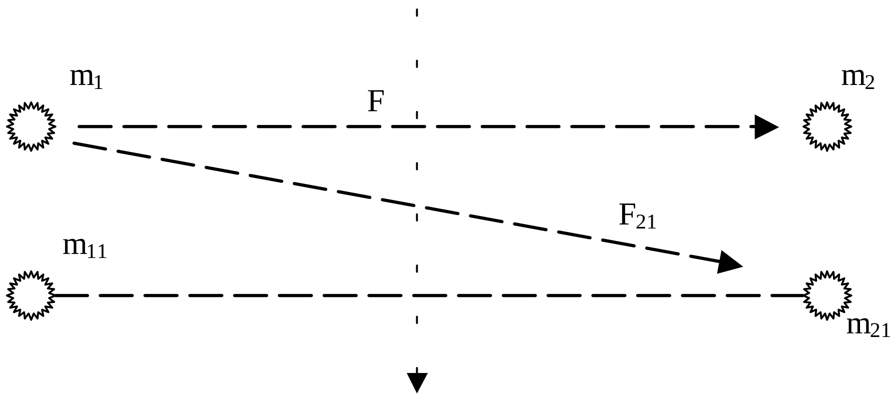
$$f = Km^2Vg/R^2(0_v)^{1/2}(1 + Vg^2/(0_v))^2 = Km^2Vg/R^2(0_v)^{1/2}Vg^4/(0_v)^2 = 0$$

где 0_v – величина, стремящаяся к нулю.

И, наконец, при скорости Vg, стремящейся к бесконечности, получаем f = 0.
Общая сила, действующая на систему равна удвоенной силе f , поскольку оба тела находятся в равноправных условиях.

Эффект третий: неустойчивость планетарной системы

Рассмотрим условную планетарную систему из двух тел, движущуюся в направлении, перпендикулярном плоскости вращения планеты, как показано на рисунке:



Как и в предыдущем примере рассмотрим два тела. Однако тела не связаны жестко, а совершают планетарное движение вокруг своего центра тяжести в плоскости, перпендикулярной плоскости рисунка и, соответственно, движению системы, которое показано тонкой штриховой линией. В данном случае, как и в предыдущем, на тела действует тормозящая сила 2f. Кроме того, из-за движения системы и вызванного им «отставания» гравитационных полей тел, они притягиваются к прошлым положениям своей пары. В результате этого, нормальная составляющая силы, вызывающая круговое движение тел изменяется. Она уже не равна величине, определяемой по формуле (1). Ее можно вычислить по формуле, аналогичной формуле для f:

$$F_v = F/(1 + v^2/(Vg^2-v^2))^{1/2} \qquad (7)$$

Попробуем оценить величину этой силы. В случае, если v = 0, получаем Fv = F, система приводится к обычному уравнению (1). Если же Vg стремится к бесконечности, то также получаем Fv = F. При всех других соотношениях скоростей получаем, что значение величины в знаменателе заведомо больше единицы, то есть всегда Fv < F. Это означает, что в процессе вращения тел вокруг центра тяжести системы сила их взаимного притяжения всегда оказывается меньше, чем необходимо для вращения по траектории данного радиуса. То есть тела системы совершают спиралевидное, раскручивающееся движение. Эта спиралевидность определяется центробежной силой:

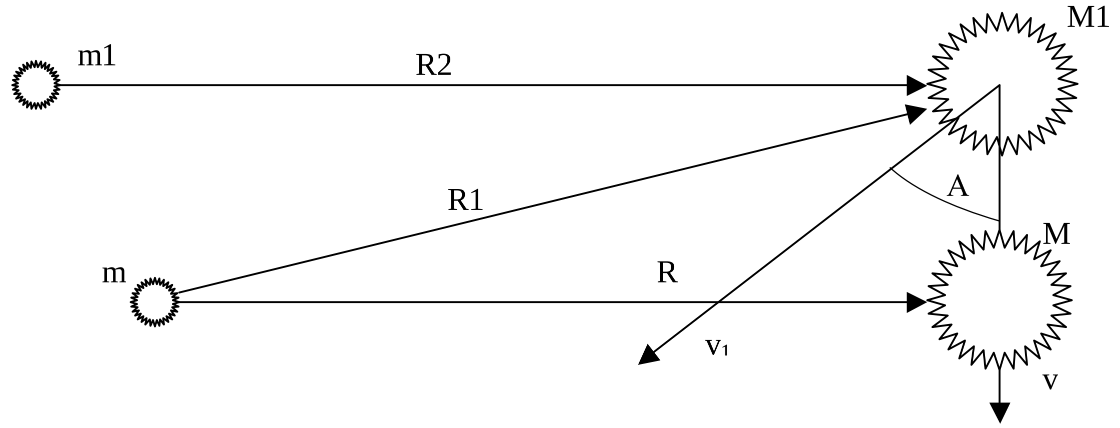
$$F\text{ц} = F - Fv,$$

а ускорение, с которым тела разбегаются в разные стороны равно:

$$a = (F - Fv)/m$$

Эффект четвертый: в солнечной системе

Рассмотрим упрощенную схему системы Солнце – Земля:



Предположим, что плоскость орбиты перпендикулярна плоскости рисунка. Как видим, в случае запаздывания гравитационного взаимодействия или действия Солнца M на Землю m, Земля m будет испытывать воздействие как бы от Солнца, находящегося в некотором предыдущем положении – M1. При этом радиус равен R1. Поскольку расстояние между телами как бы увеличилось, то и сила притяжения оказывается меньше. Поэтому Земля будет стремиться увеличить радиус своей орбиты до нового значения, соответствующего этой силе притяжения – R2. То есть система будет стремиться к новому состоянию m1 – M1 с радиусом R2. Но эта новая система также находится в подобных обстоятельствах «смещенного» гравитационного взаимодействия. То есть запаздывание гравитационного притяжения Земли m к Солнцу M вызывает спиралевидное движение Земли.

Попробуем оценить величину изменения радиуса траектории Земли m.

Скорость движения системы обозначим через v. Скорость гравитации через Vg. Из закона всемирного тяготения находим радиус траектории R в начальный момент времени:

$$R = (F/MmK)^{1/2} \qquad (8)$$

Из-за запаздывания гравитации, образуется треугольник сил и фактически сила действует по траектории радиуса R1. Система движется, поэтому в новом положении Земли m она попадает в область гравитации Солнца M1 – прежнего положения Солнца M. Величина силы в этой точке, соответственно, равна:

$$F1 = KMm/R1^2$$

Из соотношения скоростей передачи взаимодействия Vg и скорости движения системы v, находим отношение радиусов R и R1:

$$R/R1 = Sqr(1 - v^2/Vg^2)$$

Соответственно, F1 равна:

$$F1 = KMm/(R^2/(1-v^2/Vg^2))$$

Очевидно, появляется радиальная сила, выталкивающая Землю m наружу, за пределы стационарной орбиты, по радиусу:

$$Fv = F - F1 = KMm(1/R^2 - 1/\ R^2/(1-v^2/Vg^2)) = (v^2/Vg^2)*KMm/R^2 \qquad (9)$$

Под действием этой силы Земля m увеличивает радиус своей траектории, причем ускоренно. Величина радиуса будет равна:

$$R_t = R_0 + at^2/2$$

Величину ускорения находим из уравнения (6):

$$a = Fv/m = (v^2/Vg^2)*KM/R_0^2$$

Откуда:

$$R_t = R_0 + (v^2/Vg^2)*KMt^2/2R_0^2 \qquad (10)$$

При v = 0 и/или Vg = бесконечности получаем:

$$R_t = R,$$

то есть радиус орбиты не изменяется.
Если направление скорости системы и плоскости орбиты образуют угол A, то формула (9) примет вид:

$$R_t = R_0 + (v^2/Vg^2)*KMt^2 sinA/2R_0^2 \qquad (11)$$

Если принять, что скорость Vg равна скорости света, то окончательно получаем:

$$R_t = R_0 + KMt^2v^2 sinA/2c^2R_0^2 \qquad (12)$$

Радиус орбиты Земли непрерывно увеличивается.

Эффект с учетом СТО

Вернемся к первому рисунку в статье, но рассмотрим его с учетом положений специальной теории относительности:

При установившемся движении, когда связующий стержень деформировался и компенсирует силы притяжения тел, вся система может рассматриваться как состоящая лишь из двух тел (без стержня). «Догоняющее» тело m_1 передают «убегающему» m_2 сигнал гравитационного притяжения со скоростью света. Для неподвижного наблюдателя картина содержит, таким образом, три движущихся элемента: два тела и «волну», «сигнал» гравитации. Каким бы образом мы ни учитывали скорости и релятивистское уменьшение расстояния между телами, сигнал от «догоняющего» тела m_1 может поступить к «убегающему» m_2 только с опозданием. Например, для внешнего наблюдателя расстояние между телами «сжалось» в два раза. Но это все равно означает, что сигнал от «догоняющего» тела m_1 достигнет «убегающего» m_2 с опозданием! Следовательно, «убегающее» тело m_2 всегда будет в области «опоздавшего» сигнала о силе гравитационного взаимодействия. Нет оснований считать, что при движении тела m_1 вместе с ним синхронно (как несжимаемая связка) перемещается и созданное им гравитационное поле. Когда тело переместится в новую точку m_{11}, сигнал об этом достигнет второго тела лишь через некоторое время, необходимое гравитационному взаимодействию для преодоления расстояния до него со скоростью света.

Таким образом, качественно явление возникновения ускоряющей силы сохраняется. Аналогично можно прийти к выводу, что другие явления ускорения или торможения свободно движущихся систем сохраняются и при учете релятивистских эффектов.

Литература

1. Tom Van Flandern, The Speed of Gravity - What the Experiments Say. Meta Research, Univ. of Maryland Physics, Army Research Lab 6327 Western Ave., NW / Washington, DC 20015-2456 (metaresearch.org), 1998, http://www.ldolphin.org/vanFlandern/gravityspeed.html