Теория тяготения со смещением перигелия планет

Владимир Браун

07.11.2026

В классической теории тяготения смещение перигелия кеплеровых орбит незаконно. Общая теория относительности «объясняет» смещение перигелия, но неестественным образом трактует пространство и время, что для многих людей неприемлемо. Требуется теория тяготения, дающая смещение перигелия, но остающаяся в рамках классических представлений о пространстве и времени. В данной работе представлена такая теория.

Введём гравитационную массу, зависящую от расстояния, следующим образом:

$$m_g = m\left(1+\frac{6\mathrm{G}m}{c^2 r}\right),$$

где m – инертная масса, c – скорость света, r – расстояние от центра тяготения.

Здесь мы исходим из представления, что масса у материального тела одна – инертная, а гравитационная масса – это исторически сложившееся понятие, относящееся скорее к свойствам поля тяготения тела. Ничто не мешает полю тяготения, кроме обратной пропорциональности квадрату расстояния, дополнительно зависеть от расстояния ещё и таким образом. Более того, смещение перигелия Меркурия и планет требует, чтобы такая зависимость была.

Сила гравитационного притяжения двух тел будет тогда равна:

$$F = \mathrm{G}\frac{Mm}{r^2}\left(1+\frac{6\mathrm{G}M}{c^2 r}\right)\cdot\left(1+\frac{6\mathrm{G}m}{c^2 r}\right).$$

Перемножив выражения в скобках, получим для силы притяжения представление:

$$F = \mathrm{G}\frac{Mm}{r^2}\left(1+\frac{6\mathrm{G}\left(M+m\right)}{c^2 r}+\frac{36\mathrm{G}^2 Mm}{c^4 r^2}\right),$$

которое кратко запишем в двух вариантах как:

$$F = F_2\left(1+K_3+K_4\right) = F_2+F_3+F_4,$$

где F_2 – ньютонова сила, обратно пропорциональная квадрату расстояния,

F_3 – добавочная сила обратно пропорциональная кубу расстояния,

F_4 – добавочная сила обратно пропорциональная четвёртой степени расстояния.

В центральном поле тяготения массивного тела гравитационное ускорение будет равно:

$$g = -\frac{\mathrm{G}M}{r^2}\left(1+\frac{6\mathrm{G}M}{c^2 r}\right).$$

В таком поле, сила тяготения, действующая на лёгкое пробное тело, имеет добавку обратно пропорциональную кубу расстояния, что согласно теореме Ньютона приводит к вращению кеплеровых орбит [1], т.е. к смещению перигелия [2]. Для определения величины смещения воспользуемся обобщёнными кинематическими уравнениями движения в центральном поле – обобщением законов Кеплера [3].

Сопоставим данное гравитационное ускорение обобщённому кинематическому выражению гравитационного ускорения в центральном поле:

$$g = -\left(\frac{w(a+p)}{2r^2} + \frac{L^2 - wap}{r^3} \right) = -\frac{\mathrm{G}M}{r^2}\left(1 + \frac{6\mathrm{G}M}{c^2 r} \right),$$

где G – гравитационная постоянная,

M – масса центрального тела,

r – расстояние от центра тяготения,

L – момент скорости пробного тела,

w – минус квадрат остаточной скорости пробного тела,

a и p – апоцентр и перицентр траектории пробного тела;

и приравняем коэффициенты одинаковых степеней r:

$$\frac{w(a+p)}{2} = \mathrm{G}M\,, \quad L^2 - wap = \frac{6\mathrm{G}^2 M^2}{c^2}\,,$$

Отсюда получаем два основных соотношения:

1. Квадрат остаточной скорости, со знаком минус

$$w = \frac{2\mathrm{G}M}{a+p}\,.$$

2. Момент скорости

$$L = \sqrt{wap + \frac{6\mathrm{G}^2 M^2}{c^2}} = \sqrt{f\mathrm{G}M + \frac{6\mathrm{G}^2 M^2}{c^2}} = \sqrt{f\mathrm{G}M}\sqrt{1 + \frac{6\mathrm{G}M}{c^2 f}}\,,$$

где $f = \dfrac{2ap}{a+p}$ – фокальный параметр траектории.

Подставляя выражения w и L в обобщённые кинематические уравнения, получим и другие уравнения новой теории тяготения, для случая движения в центральном поле.

3. Угловая скорость

$$\omega = \dot{\varphi} = \frac{L}{r^2} = \frac{\sqrt{f\mathrm{G}M}}{r^2}\sqrt{1 + \frac{6\mathrm{G}M}{c^2 f}}\,,$$

где φ – полярный угол полярной системы координат (r, φ).

4. Радиальная скорость

$$\dot{r} = \frac{\sqrt{w(a-r)(r-p)}}{r} = \sqrt{\frac{2\mathrm{G}M}{a+p}}\,\frac{\sqrt{(a-r)(r-p)}}{r}\,.$$

5. Интеграл времени

$$t = \int \frac{r}{\sqrt{w(a-r)(r-p)}}\,\mathrm{d}r = \sqrt{\frac{a+p}{2\mathrm{G}M}}\int \frac{r}{\sqrt{(a-r)(r-p)}}\,\mathrm{d}r\,.$$

6. Уравнение (орбитальной) скорости

$$v^2 = -w + \frac{w(a+p)}{r} = 2\mathrm{G}M\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a+p}\right).$$

7. Период обращения

$$T = \frac{\pi(a+p)}{\sqrt{w}} = \pi\sqrt{\frac{(a+p)^3}{2\mathrm{G}M}}.$$

8. Параметр смещения перицентра

$$\frac{1}{i} = \frac{L}{\sqrt{wap}} = \frac{L}{\sqrt{f\,\mathrm{G}M}} = \sqrt{1 + \frac{6\mathrm{G}M}{c^2 f}}, \quad i = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{6\mathrm{G}M}{c^2 f}}}.$$

9. Уравнение траектории

   Траектория будет вращающимся коническим сечением, эллипсом ($a > 0$ и $w > 0$) или гиперболой ($a < 0$ и $w < 0$), с уравнением

$$r = \frac{f}{1 + e\cos(i\varphi)}.$$

   В случае же $a = \infty$ и $w = 0$, что в классической теории тяготения соответствует параболической траектории, траектория будет одной из нескольких возможных спиралевидных кривых, уравнения которых мы здесь не приводим.

10. Смещение перицентра

$$\Delta\varphi = 2\pi\left(\frac{1}{i} - 1\right) = 2\pi\left(\sqrt{1 + \frac{6\mathrm{G}M}{c^2 f}} - 1\right).$$

    При малом смещении это выражение упрощается:

$$\Delta\varphi \approx 2\pi\frac{3\mathrm{G}M}{c^2 f}.$$

Для смещения перигелия Меркурия эти формулы дают значение 43" в столетие, соответствующее «наблюдаемому» аномальному смещению планеты [2].

Таким образом, в предложенной теории тяготения, смещение перигелия Меркурия перестаёт быть аномальным и становится следствием теории.

Полученные закономерности справедливы для лёгкого тела в центральном поле массивного тела. Но в случае, когда тело нельзя считать относительно лёгким, т.е. в случае задачи двух тел, сила тяготения имеет ещё одну добавку – обратно пропорциональную четвёртой степени расстояния. В этом случае орбиты тел уже не будут совершенно точными вращающимися эллипсами, и будут каким-то образом эволюционировать – параметры орбит со временем будут меняться.

Выясним, насколько велики в этом случае добавки к ньютоновой силе притяжения. Рассмотрим для этого несколько случаев взаимного притяжения тел:

1. Притяжение пары соприкасающихся стальных шаров массой по 1 кг.
2. Взаимное притяжение Земли и шара массой 1 кг.
3. Взаимное притяжение Земли и спутника ГЛОНАСС.
4. Взаимное притяжение Земли и Луны.
5. Взаимное притяжение Солнца и Меркурия.
6. Взаимное притяжение Солнца и Венеры.
7. Взаимное притяжение Солнца и Земли.
8. Взаимное притяжение Солнца и Марса.
9. Взаимное притяжение Солнца и Юпитера.
10. Взаимное притяжение Солнца и Сатурна.
11. Взаимное притяжение Солнца и Урана.
12. Взаимное притяжение Солнца и Нептуна.
13. Взаимное притяжение Солнца и Плутона.
14. Звезда с массой Солнца на расстоянии $7 \cdot 10^{14}$ м от чёрной дыры OJ 287.
15. Компаньоны двойной системы чёрных дыр OJ 287 на расстоянии $7 \cdot 10^{14}$ м.

Результаты этого исследования приведены ниже:

	Тело m	m (кг)	M (кг)	K_3	K_4	F_2 (Н)	F_3 (Н)	F_4 (Н)
1	Шар	1	1	$1{,}4 \cdot 10^{-25}$	$5{,}1 \cdot 10^{-51}$	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$	$2{,}4 \cdot 10^{-33}$	$8{,}6 \cdot 10^{-59}$
2	Шар	1	$5{,}9726 \cdot 10^{24}$	$4{,}2 \cdot 10^{-9}$	$2{,}9 \cdot 10^{-41}$	9,8	$4{,}1 \cdot 10^{-8}$	$2{,}9 \cdot 10^{-41}$
3	Спутник	935	$5{,}9726 \cdot 10^{24}$	$1{,}0 \cdot 10^{-9}$	$1{,}7 \cdot 10^{-40}$	574,5	$6{,}0 \cdot 10^{-7}$	$9{,}8 \cdot 10^{-38}$
4	Луна	$7{,}3477 \cdot 10^{22}$	$5{,}9726 \cdot 10^{24}$	$7{,}0 \cdot 10^{-11}$	$5{,}9 \cdot 10^{-23}$	$2{,}0 \cdot 10^{20}$	$1{,}4 \cdot 10^{10}$	0,01
5	Меркур	$3{,}3302 \cdot 10^{23}$	$1{,}9891 \cdot 10^{30}$	$1{,}5 \cdot 10^{-7}$	$3{,}9 \cdot 10^{-21}$	$1{,}3 \cdot 10^{22}$	$2{,}0 \cdot 10^{15}$	51,7
6	Венера	$4{,}8675 \cdot 10^{24}$	M_C	$8{,}2 \cdot 10^{-8}$	$1{,}6 \cdot 10^{-20}$	$5{,}5 \cdot 10^{22}$	$4{,}5 \cdot 10^{15}$	905,8
7	Земля	$5{,}9726 \cdot 10^{24}$	M_C	$5{,}9 \cdot 10^{-8}$	$1{,}1 \cdot 10^{-20}$	$3{,}5 \cdot 10^{22}$	$2{,}1 \cdot 10^{15}$	373,3
8	Марс	$6{,}4171 \cdot 10^{23}$	M_C	$3{,}9 \cdot 10^{-8}$	$4{,}9 \cdot 10^{-22}$	$1{,}6 \cdot 10^{21}$	$6{,}4 \cdot 10^{13}$	0,8
9	Юпитер	$1{,}8986 \cdot 10^{27}$	M_C	$1{,}1 \cdot 10^{-8}$	$1{,}2 \cdot 10^{-19}$	$4{,}2 \cdot 10^{23}$	$4{,}7 \cdot 10^{15}$	51426,6
0	Сатурн	$5{,}6846 \cdot 10^{26}$	M_C	$6{,}2 \cdot 10^{-9}$	$1{,}1 \cdot 10^{-20}$	$3{,}7 \cdot 10^{22}$	$2{,}3 \cdot 10^{14}$	405,7
1	Уран	$8{,}6813 \cdot 10^{25}$	M_C	$3{,}1 \cdot 10^{-9}$	$4{,}1 \cdot 10^{-22}$	$1{,}4 \cdot 10^{21}$	$4{,}3 \cdot 10^{12}$	0,6
2	Нептун	$1{,}0243 \cdot 10^{26}$	M_C	$2{,}0 \cdot 10^{-9}$	$2{,}0 \cdot 10^{-22}$	$6{,}7 \cdot 10^{20}$	$1{,}3 \cdot 10^{12}$	0,1
2	Плутон	$1{,}3030 \cdot 10^{22}$	M_C	$1{,}5 \cdot 10^{-9}$	$1{,}5 \cdot 10^{-26}$	$5{,}0 \cdot 10^{16}$	$7{,}4 \cdot 10^{7}$	$7{,}3 \cdot 10^{-10}$
4	Звезда	M_C	$18 \cdot 10^{9} \cdot M_C$	0,22788	$2{,}9 \cdot 10^{-12}$	$9{,}7 \cdot 10^{30}$	$2{,}2 \cdot 10^{30}$	$2{,}8 \cdot 10^{19}$
5	Ч. дыра	$10^{8} \cdot M_C$	$18 \cdot 10^{9} \cdot M_C$	0,22915	0,00029	$9{,}7 \cdot 10^{38}$	$2{,}2 \cdot 10^{38}$	$2{,}8 \cdot 10^{35}$

Вывод:

1. Для малых тел на поверхности Земли и искусственных спутников Земли добавочные силы тяготения пренебрежимо малы и могут быть отброшены.

2. Для планет в поле тяготения Солнца, и в меньшей степени для Луны в поле Земли, добавочная сила обратно пропорциональная кубу расстояния, F_3, существенна и является причиной смещения перигелия орбит планет и Луны. Добавочная сила обратно пропорциональная четвёртой степени расстояния, F_4, ничтожно мала и может быть отброшена.

3. И наконец, в случае обращения тел вблизи массивных чёрных дыр, обе добавочные силы тяготения существенны, что будет приводить к эволюции орбит этих тел – параметры орбит со временем будут меняться.

Ссылки

1. Исаак Ньютон. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989. О движении тел по подвижным орбитам и о перемещении апсид. Предложение XLIV Теорема XIV.
2. Н. Т. Роузвер. Перигелий Меркурия. От Леверье до Эйнштейна. М.: Мир, 1985.
3. Браун В. Г. Обобщение законов Кеплера. 2026.