

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА В РЕЛИКТОВОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

А.П. Рябушко, Т.А. Жур

Белорусский государственный аграрный технический университет

Независимости 99, 220023 Минск, Беларусь

Околосолнечное пространство, как показывают астрономические наблюдения (см. [1–3]), заполнено реликтовой материей (РМ), т. е. материей, оставшейся после образования Солнца и планет со спутниками, распределенной в среднем сферически симметрично (Солнце — центр симметрии) и создающей заметное реликтовое гравитационное поле (РГП). Плотность РМ $\rho(r)$ может быть описана системой функций (четыре сферически симметричных слоя):

$$\begin{cases} \rho = \rho_0 + (\rho_1 - \rho_0)r/r_1, & 0 < r \leq r_1; \\ \rho = \rho_1 + (\rho_2 - \rho_1)(r - r_1)/(r_2 - r_1), & r_1 \leq r \leq r_2; \\ \rho = \rho_2 + (\rho_3 - \rho_2)(r - r_2)/(r_3 - r_2), & r_2 \leq r \leq r_3; \\ \rho = \rho_3 - \rho_3(r - r_3)/(R - r_3), & r_3 \leq r \leq R; \rho = 0, R \leq r < +\infty, \end{cases} \quad (1)$$

где r — расстояние до начала координат, в котором находится центр масс Солнца, R — радиус Солнечной системы. Введя распределение плотности (1) и массу Солнца m в тензор энергии-импульса уравнений Эйнштейна, решаем последние в ньютоновском и постньютоновском приближениях общей теории относительности (ОТО) и находим РГП. Тогда дифференциальными уравнениями движения (ДУД) космического аппарата (КА) будут уравнения геодезических. В каждом из четырех слоев ДУД имеют свою структуру в соответствии с распределением (1). Например, в третьем слое $r_2 \leq r \leq r_3$ в ньютоновском приближении ИТО оно имеет вид:

$$\begin{aligned} \vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = & -\frac{\gamma m}{r^3} \vec{r} - \frac{1}{3} \pi \gamma \left\{ 4\rho_2 + \frac{\rho_3 - \rho_2}{r_3 - r_2} (3r - 4r_2) + \frac{1}{r^3} [(\rho_0 - \rho_1)r_1^3 + \right. \\ & \left. + 4(\rho_1 - \rho_2)r_2^3 + \frac{\rho_2 - \rho_1}{r_2 - r_1} (r_1^4 - 4r_1r_2^3 + 3r_2^4) + \frac{\rho_3 - \rho_2}{r_3 - r_2} r_2^4] \right\} \vec{r}, \end{aligned} \quad (2)$$

где t — время, $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{сек}^{-2}$ — ньютоновская постоянная тяготения.

Уравнение (2), как и ДУД в других слоях, представляет собой ускорение КА, состоящее из двух слагаемых: $\vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{a}_p$, где $\vec{a}_0 = (-\gamma m/r^3) \vec{r}$ — ускорение, создаваемое Солнцем, а $\vec{a}_p$ — реликтовое ускорение (РУ), возникающее благодаря наличию РМ (1). Оба ускорения направлены на Солнце. При экспериментально обоснованных значениях плотностей $\rho_0 = 3 \cdot 10^{-11} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, $\rho_1 = 10^{-24} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, $\rho_2 = 3 \cdot 10^{-16} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, $\rho_3 = 3 \cdot 10^{-23} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ и границ слоев $r_1 = 1 \text{ а.е.}$, $r_2 = 5 \text{ а.е.}$, $r_3 = 10^3 \text{ а.е.}$, $R = 2 \cdot 10^5 \text{ а.е.}$ ($1 \text{ а.е.} = 1,5 \cdot 10^{13} \text{ см}$ — среднее расстояние Земли до Солнца) имеем $a_p = |\vec{a}_p| \approx a_p = (8,74 \pm 1,33) \cdot 10^{-8} \text{ см} \cdot \text{сек}^{-2}$, где a_p экспериментально получено КА Pioneer 10,11 (см. [4]). Из этого следует, что Pioneer anomaly $\vec{a}_p$ является РУ.

Качественное исследование ДУД (2) и аналогичных ДУД в других слоях показывает, что для финитных движений орбита КА отличается от неподвижного ньютоновского эллипса смещением перигелия (которое может быть обратным!), сжатием орбиты и увеличением орбитальной скорости [5].

Литература

1. *Иванов С.И.* Миграция небесных тел в Солнечной системе. М.: УРСС 2000.
2. *Кононович Э.В., Мороз В.И.* Общий курс астрономии. М.: УРСС. 2004.
3. *Стражев, В.И.* К тайнам вселенной. Мн : РИВШ, 2006.
4. *Anderson J.D. и др.* // Phys. Rev D. 2002. Vol. 65. pp. 1–50.
5. *Рябушко А.П., Жур Т.А.* // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-мат. навук. 2008. № 4. С. 91–95.