

Якубовский Евгений Георгиевич

инженер

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

г. Санкт-Петербург

DOI 10.21661/r-563619

НЕУДАЧНАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ «ХАЯБУСА»

Аннотация: в статье рассматривается гравитация несферических тел, которая имеет компоненту гравитационного поля, направленную перпендикулярно радиусу. Для сферических тел сила гравитации направлена вдоль радиуса. Планеты и звезды имеют сферическую форму поверхности и у них сила гравитации направлена вдоль радиуса. Автором отмечено, что если тело имеет не сферическую форму, то сила гравитации не направлена вдоль радиуса, а имеет перпендикулярную радиусу компоненту. Чем меньше радиус, тем сильнее перпендикулярная компонента гравитации.

Ключевые слова: гравитация несферических тел, экспедиция «Хаябуса», экспедиция «Хаябуса2».

12 ноября «Хаябуса» должен был спустить на поверхность астероида небольшого робота для исследования, однако его унесло в открытый космос. Вернее, перпендикулярные радиусу компоненты гравитационного поля привели к вращению робота вокруг астероида по сложной траектории. В результате только после длительного вращения робот попал на астероид. И только через длительный интервал времени робот вернулся на Землю. Предсказать такое поведение гравитационного поля сложно, ведь на бесконечности радиуса перпендикулярной компоненты нет, тело ведет себя как точечное и гравитация распространяется вдоль радиуса. Хороший урок преподнесла природа для космических исследований, в случае наличия гор и впадин гравитация меняется.

Вычислим значение направления сил гравитации для не сферического тела. В сечении $x_1 = const$ декартовой системы координат определяется угол по формуле

$$\psi_1(s_1, x_1) = 2\pi \int_0^{s_1} \frac{ds_1}{|\rho_1(s_1, x_1)|} / \int_0^{l_1} \frac{ds_1}{|\rho_1(s_1, x_1)|} - \pi,$$

где s_1 – длина огибающей линии в сечении $x_1 = const$, l_1 – длина однократно замкнутой огибающей в том же сечении, $\rho_1(s_1, x_1)$ – радиус кривизны в том же сечении.

При этом центр тела и системы координат определится из формулы

$$x_s^0 = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x_s(\psi_1, \psi_2) d\psi_1 d\psi_2 / 4\pi^2,$$

где x_s – координата границы тела. При этом в случае кусочно-непрерывной функции $x_s(\psi_1, \psi_2)$, не имеющей центра симметрии, координата центра тела не единственна. Это соответствует определению центра бесконечного множества тел, находящихся на расстоянии одно от другого.

Зависимость от углов $\psi_l, l=1,2$ позволяет свести задачу для не звездного тела, к звездному телу. При этом наблюдается взаимно однозначное соответствие между координатами границы тел и переменными $\psi_l, l=1,2$. В самом деле, переменным координатам $\psi_l, l=1,2$ соответствует, декартова точка на поверхности тела. При этом это периодическая функция от переменных $\psi_l, l=1,2$.

При этом определяется радиус переходной зоны по формуле

$$1/r(R, \psi_1, \psi_2) = \begin{cases} R_0 < R < a_{\max}, \delta(R, R_0, a_{\max}) / \eta(\psi_1, \psi_2) + [1 - \delta(R, R_0, a_{\max})] / a_{\max} \\ R > a_{\max}, 1/R \end{cases}$$

где $\delta(R, R_0, a) = \exp[-\frac{(R-R_0)^2}{(R-a)^2}] / \{\exp[-\frac{(R-R_0)^2}{(R-a)^2}] + \exp[-\frac{(R-a)^2}{(R-R_0)^2}]\},$

При этом имеем R_0 – средний радиус тела, построенный из его центра.

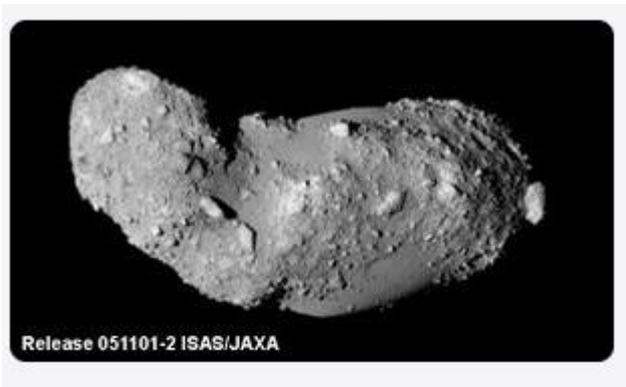
$$a_{\max}^2 = \max \sqrt{\sum_{p=1}^3 [x_p(\psi_1, \psi_2)]^2} + \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} [R_0 - \sqrt{\sum_{p=1}^3 [x_p(\psi_1, \psi_2)]^2}]^2 d\psi_1 d\psi_2 / (4\pi^2)$$

Назовем переходной зоной, область с переменной R , удовлетворяющей $a_{\max} > \eta(\psi_1, \psi_2) = \sqrt{\sum_{p=1}^3 [x_p(\psi_1, \psi_2)]^2}$ неравенству. Направления касательной к

поверхности планеты на угол α , вызывает убывание отклонения силы гравитации от радиальной на этот уменьшившийся угол. Т.е. движение тела на не

сферической поверхности, соответствует параллельная поверхности траектория падающего тела. Причем на конечном расстоянии от планеты $R > a_{max}$ форма траектории падающего на метеорит тело становится сферической и силовые линии направлены по радиусу.

Но как же все-таки робот вернулся на Землю. Он вращался вокруг астероида с уменьшением радиуса из-за среднего радиуса астероида. И дело не в ошибках экспедиции «Хаябуса» и не вспышке на Солнце, которая якобы вывела из строя солнечные батареи, а в несферической форме астероида.



астероид Итокава (снимок аппарата Хаябуса)

Рис. 1. Первый астероид



«Хаябусы» на астероиде (справа)

Рис. 2. Второй астероид

Вторая попытка экспедиции «Хаябуса2» была на другой астероид. Он имел плоскую или эллиптическую форму и, следовательно, плоскую или эллиптическую систему притяжения и проблем с не сферичностью не было.