

УДК 531.011, 521.1

О некоторых пространственных движениях в ограниченной задаче четырех тел

Байков Александр Евгеньевич^(*)

alexander@baikov.org

Московский авиационный институт, Москва, Россия

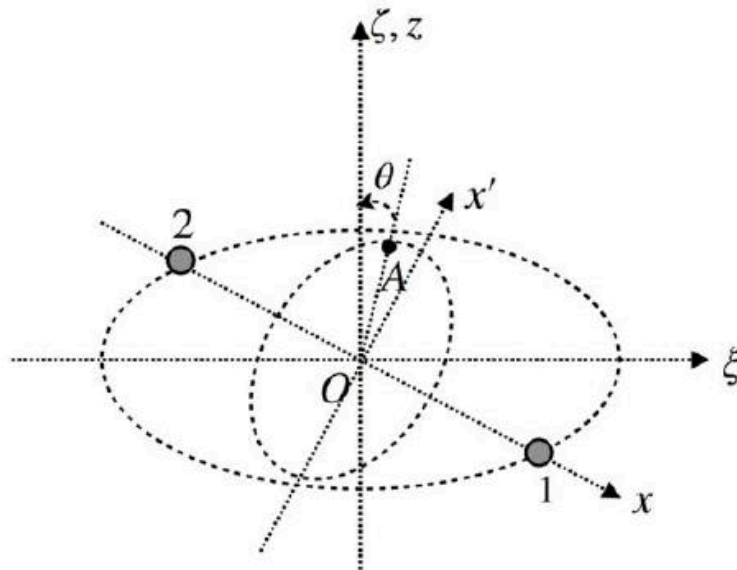
Аннотация. Изучается динамика двух пассивно гравитирующих астероидов равной массы в поле притяжения двух звезд. Звезды одной массы движутся по круговой орбите, астероиды испытывают взаимное притяжение и находятся в гравитационной сцепке. Дана классификация всех таких движений астероидов, что их центр масс постоянно принадлежит прямой, перпендикулярной плоскости орбиты звезд, подробно исследованы два типа движений.

Ключевые слова: ограниченная задача четырех тел, гравитационная сцепка, гравитационный пропеллер, оскулирующие элементы, метод усреднения

Введение. Рассмотрим две звезды одной массы m_0 , движущиеся вокруг общего центра масс O по круговой орбите радиуса R , и два астероида A и B одной массы m , движущиеся произвольно в пространстве. Будем считать, что $m \ll m_0$, поэтому астероиды на движение звезд не влияют, но испытывают взаимное притяжение. Случай, когда астероиды находятся в плоскости орбиты звезд, а их центр масс совпадает с O , в [1] назван задачей А.Ю. Ишлинского. В [2] методом усреднения системы оскулирующих элементов исследованы орбиты астероидов, если они находятся в гравитационной сцепке. Цель настоящей работы — найти все пространственные центральные движения астероидов, определяемые тем, что их центр масс C постоянно принадлежит оси Oz , перпендикулярной плоскости орбиты звезд. Мы исследуем два случая центральных движений: $C=O$ и движения типа ‘гравитационный пропеллер’.

Материалы и методы; результаты. Введем системы координат: 1) $O\xi\eta\zeta$ (инерциальную); 2) $Ox_0y_0z_0$ (синодическую); 3) $C\xi'\eta'\zeta'$ (кениговую). Положения астероидов зададим координатами ξ_C, η_C, ζ_C центра масс и сферическими координатами ρ, θ, φ астероида A в $C\xi'\eta'\zeta'$. Выделим два типа движений: 1) $\xi_C = \eta_C = \zeta_C = 0$; 2) $\xi_C = \eta_C = 0, \zeta_C = \zeta_C(t) \neq 0, \theta = \pi/2$ (линия AB остается перпендикулярной оси Oz , ‘гравитационный пропеллер’). Второй тип ранее был установлен для гантели [3].

Чтобы исследовать движения первого типа, введем стандартные кеплеровы элементы. Обозначим через Ox' ось, направленную в сторону перицентра оскулирующей орбиты астероида A (см. рисунок), определим малый параметр $\delta = a_0^{3/2}/\varepsilon^{1/2}$, где a_0 — начальное значение безразмерной большой полуоси, $\varepsilon = m/m_0 \ll 1$. Анализ усредненной по M системы показывает, что при достаточно малых начальном наклонении i_0 и значении параметра δ гравитационная сцепка астероидов стремится занять плоское положение ($i \rightarrow 0$).



Оскулирующая эллиптическая орбита астероида А

Для исследования движений второго типа определим безразмерный радиус $\gamma = \rho/R$ и введем аналогичный малый параметр δ (в этом случае $a_0 = \gamma_0$ — начальное значение безразмерного радиуса). После усреднения по быстро изменяющейся долготе φ движения разделяются: центр масс С движется как точка в круговой задаче Ситникова, относительные движения астероидов напоминают их динамику в задаче А.Ю. Ишлинского.

Заключение. Получены два класса пространственных движений астероидов в поле притяжения звезд. Они исследованы методом усреднения системы оскулирующих элементов в предположении, что астероиды находятся в гравитационной сцепке.

Список использованных источников

- [1] Белецкий В.В. Об одной задаче А.Ю. Ишлинского. *ПММ*, 2003, т. 67, вып. 4, с. 549–555.
- [2] Байков А.Е., Майоров А.Ю. Плоская круговая ограниченная задача четырех тел: исследование внутренних движений. *X Поляховские чтения. Междунар. науч. конф. по механике: матер.* Санкт-Петербург, Изд-во ВВМ, 2024, с. 193–197.
- [3] Красильников П.С., Байков А.Е. О движениях гантели в обобщенной круговой задаче Ситникова. *Космические исследования*, 2024, т. 62, № 3, с. 311–318.