

О ВЛИЯНИИ ЭФФЕКТА ЯРКОВСКОГО НА РЕЗОНАНСНОЕ ДВИЖЕНИЕ АСТЕРОИДОВ С МАЛЫМИ ПЕРИГЕЛИЙНЫМИ РАССТОЯНИЯМИ

Т. Ю. Галушина, О. Н. Летнер
Томский государственный университет

Выявлены астероиды с малыми перигелийными расстояниями, движущиеся в окрестности устойчивых и неустойчивых орбитальных резонансов с планетами. Для каждого астероида рассмотрена эволюция резонансной щели и критического аргумента с учетом и без учета эффекта Ярковского (ЭЯ). Показано, что в случае устойчивого резонанса влияние ЭЯ на резонансные характеристики незначительно. При неустойчивом резонансе учет ЭЯ может изменять число проходов через точную соизмеримость.

ABOUT INFLUENCE OF THE YARKOVSKY EFFECT ON THE MOTION OF ASTEROIDS WITH SMALL PERIHELION DISTANCES

T. Yu. Galushina, O. N. Lenter
Tomsk State University

Asteroids with small perihelion distances, moving in the vicinity of stable and unstable mean motion resonances with planets, have been identified. For each asteroid, the evolution of the resonance band and the critical argument is considered with and without the Yarkovsky effect. It is shown that the influence of the Yarkovsky effect on the resonance characteristics is insignificant in the case of a stable resonance. In the case of an unstable resonance, taking into account the effect can change the number of passes through the exact commensurability.

По состоянию на июнь 2021 г. известно 52 астероида с малыми перигелийными расстояниями ($q \leq 0.15$ а. е.). Для предварительного выявления орбитальных резонансов нами была исследована эволюция орбит этих астероидов на основе начальных данных из каталога Э. Боуэлла [1] с помощью программного комплекса ИДА [2]. В качестве характеристик резонанса использовались резонансная щель $\alpha = k_0 n_0 - k_j n_j$ и критический аргумент $\beta = k_0 \lambda_0 - k_j \lambda_j - (k_0 - k_j) \omega_0 - (k_0 - k_j) \Omega_0$, где n_0, n_j — средние движения соответственно астероида и j -й планеты; k_0, k_j — целые числа; λ_0, λ_j — средние долготы астероида и j -й планеты; ω_0 — аргумент перигелия астероида; Ω_0 — долгота восходящего узла астероида. Рассматривались резонансы до десятого порядка включительно ($|k_0 - k_j| \leq 10$).

Результаты представлены в таблице, где для каждой планеты показано число устойчивых и неустойчивых резонансов. Под устойчивым мы здесь понимаем резонансное отношение k_j/k_0 , которое выполняется на всем интервале исследования (1000 г., 3000 г.). Если же резонансная щель проходит хотя бы один раз через нулевое значение, но астероид не задерживается в резонансном положении, то имеет место неустойчивый резонанс.

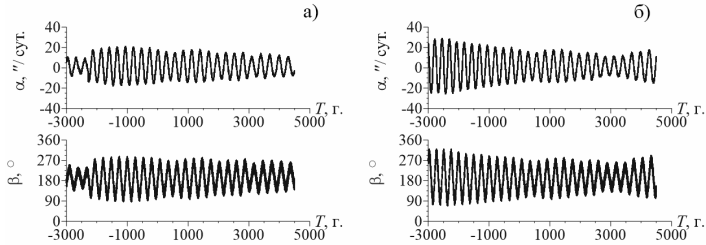
Всего выявлено 27 резонансных астероидов в 43 резонансных соотношениях, из них 22 устойчивых и 21 неустойчивое. Интересно отметить, что все резонансы с Землей неустойчивые, при этом большинство этих объектов находятся в устойчивом резонансе с Юпитером. Подобная ситуация наблюдается и у Марса. Резонансов с Меркурием выявлено не было.

Ранее нами были получены значения трансверсального ускорения A_2 , обусловленного влиянием эффекта Ярковского (ЭЯ), для всех астероидов с малыми перигелийными расстояниями [3] путем включения его в число оцениваемых параметров. При этом для астероидов с плохо определенной орбитой значение A_2 оказалось неправомерно завышено.

Вид резонанса	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн
Устойчивый	3	0	1	16	2
Неустойчивый	2	13	5	1	0

Как известно, ЭЯ приводит к изменению величины большой полуоси, поэтому кажется логичным оценить его влияние на резонансные соотношения. С этой целью в данной работе исследована орбитальная эволюция с разными моделями сил — с учетом и без учета влияния ЭЯ. Во всех случаях учитывалось влияние больших планет, Луны, сжатия Солнца и релятивистских эффектов от Солнца. Интервал исследования определялся индивидуально для каждого объекта с точки зрения сохранения приемлемой точности интегрирования.

В качестве примера на рисунке показана эволюция резонансных характеристик астероида 2013 UC с учетом и без учета ЭЯ. Видно, что учет ЭЯ приводит к незначительным изменениям в амплитуде колебаний резонансной щели и критического аргумента, но не разрушает устойчивый резонанс. Немного иная ситуация наблюдается в случае неустойчивого резонанса: ЭЯ может приводить к изменению числа проходов через точную соизмеримость. К сожалению, подобные выводы можно сделать только относительно астероидов с хорошо определенными орбитами. Как упоминалось выше, для объектов, наблюдавшихся на небольшой дуге, алгоритм дает завышенные оценки параметра A_2 , что приводит к существенному изменению орбиты и разрушению резонанса.



Резонансная щель и критический аргумент астероида 2013 UC без учета (а) и с учетом (б) ЭЯ

В работе приведены результаты изучения только номинальных орбит астероидов, однако ранее нами было проведено подобное исследование вероятностной орбитальной эволюции астероидов (3200) Phaethon и (137924) 2000 BD19 с аналогичными выводами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-10022).

Библиографические ссылки

- [1] *Bowell E., Muinonen K., Wasserman L. H.* A public-domain asteroid data base // In *Asteroids, Comets, Meteors*, Kluwer, Dordrecht, Netherlands. — 1994. — P. 477–481.
- [2] *Galushina T. Yu., Letner O. N.* Modified version of the IDA software and its application to a study of motion of asteroid 2007 PR10 // *Astron. Astroph. Trans.* — 2021. — Vol. 32.
- [3] *Сюсина О. М., Галушина Т. Ю.* Определение значения эффекта Ярковского для астероидов с малыми перигелийными расстояниями // *Изв. вузов. Физика.* — 2021. — Vol. 64. — P. 151–156.