

Сравнение теории динамических приливов и наблюдений в системах, содержащих Горячие Юпитеры

С.В. Чернов¹, П.Б. Иванов¹,
J. C. B. Papaloizou²

¹Астрокосмический центр ФИАН

²DAMTP, University of Cambridge
MNRAS, (2017); ArXiv:1705.06699

15.06.2017

	m	P_{orb}	$-dP_{orb}/dt$ s/yr
WASP-43b	2.052	0.8135	0.0289 ± 0.0077 ; 0.00002 ± 0.0066
Ogle-tr-113b	1.24	1.4325	0.001 ± 0.006
WASP-12b	1.404	1.0914	0.0256 ± 0.0040 ; 0.029 ± 0.003
WASP-18b	10.30	0.9415	< 0.02

Таблица: WASP-43b: Jiang, et.al. Astron. J. 151, 17 (2016)

Hoyer, et.al. Astron. J. 151, 137 (2016)

Ogle-tr-113b: Hoyer, et.al. MNRAS 455, 1334 (2016)

WASP-12b: Maciejewski, et.al. A&A, 588, L6 (2016)

Patra, et.al. (2017), arXiv:1703.06582

WASP-18b: Wilkins, et.al. Astrophys.J. 836, L24 (2017)

Рассматривается двойная система состоящая из звезды с массой M и радиусом R , вокруг которой вращается точечная планета с массой m , $q = m/M$. Звезда вращается с угловой скоростью много меньше характерной скоростью нормальной моды которая возбуждается приливами и много меньше орбитальной скорости. Планета обращается вокруг звезды по круговой орбите, т.е. эксцентриситет $e \ll 1$ и с периодом порядка одного дня. $\Omega_* = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$

$$\frac{\dot{a}}{a} = -\frac{2}{T_a}, \quad T_a = \frac{40T_*}{3\pi} [Q^{-2}D^{-1}]_2,$$
$$T_* = \frac{(1+q)^{5/3}}{\sqrt{6q}} \left(\frac{P_{orb}\Omega_*}{2\pi} \right)^{4/3} \left(\int_{\mathcal{D}} \frac{dr}{r} N \right)^{-1}.$$

Ivanov, Papaloizou, Chernov, MNRAS 432, 2339 (2013)

	M	R_*	[Fe/H]	T_{eff}	age Gyr
WASP-43	0.717	0.667	-0.01	4520	> 0.4
Model	0.717	0.667	-0.011	4384	0.75
Ogle-tr-113	0.78	0.765	0.14	4751	0.7
Model	0.78	0.721	0.14	4753	0.69
WASP-12	1.35	1.599	0.3	6300	1.7
Model A	1.32	1.631	0.243	6445	1.53
Model B	1.32	1.696	0.243	6350	1.77
WASP-18	1.25	1.216	0.0	6400	1.0
Model A	1.24	1.245	0.0	6279	0.68
Model B	1.24	1.358	0.19	6398	1.08

Таблица: www.exoplanets.eu.

Для моделирования звезд использовался пакет MESA
(<http://mesa.sourceforge.net/>)

	P days
WASP-43	15.6
Ogle-tr-113	7.79
WASP-12	37
WASP-18	5.39

Schlaufman, *Astrophys.J.* 719, 602 (2010)

Hellier et.al. *A&A* 535, L7 (2011)

Предполагается, что спектр достаточно плотный

$$\omega_{j+1} - \omega_j \ll \omega_j.$$

$$D \approx \frac{\nu^2}{(\omega - \omega_0)^2 + \nu^2}$$

- 1 $D \approx 1$ - режим умеренно быстрой диссипации. В этом пределе приливная эволюция не зависит от скорости затухания мод и время затухания гравитационных волн (g-mode) распространяющихся в радиационной области должен превышать время затухания этих волн.

Zahn, *Astron. Astrophys.* 4, 452 (1970)

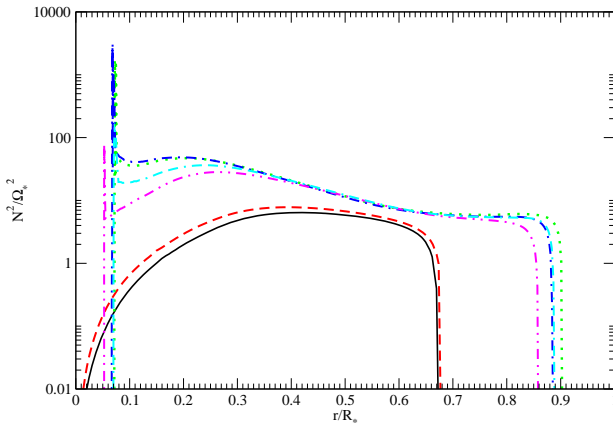
Zahn, *Astron. Astrophys.* 57, 383 (1977)

Ivanov, Papaloizou, Chernov, *MNRAS* 432, 2339 (2013)

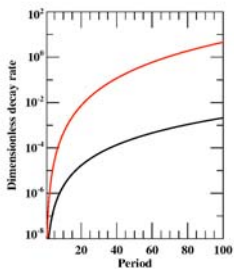
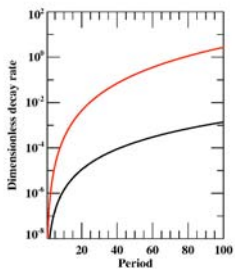
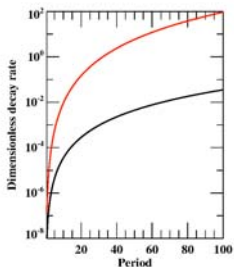
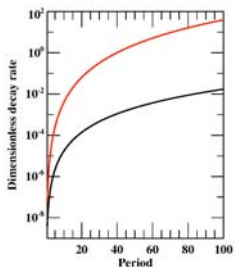
- 2 $D \ll 1$ - режим слабой диссипации. Квазиadiaбатическое приближение.

Unno, et. al. *Nonradial Oscillations of Stars* (1989)

Частота Брунта-Вайсала.

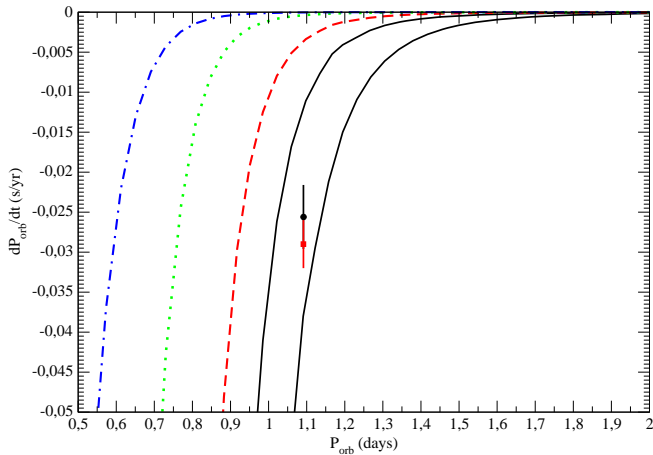


Solid - ogle113, dashed - wasp43, dotted, dot dashed - model A, B of wasp12, dot dot dashed, dot dashed dashed - model A, B of wasp18



Black - $\frac{\gamma}{\omega}$, red - $\frac{\gamma}{d\omega/dj}$. The upper left - wasp18, the upper right - wasp12, the lower left - wasp43, the lower right - Ogle-tr-113

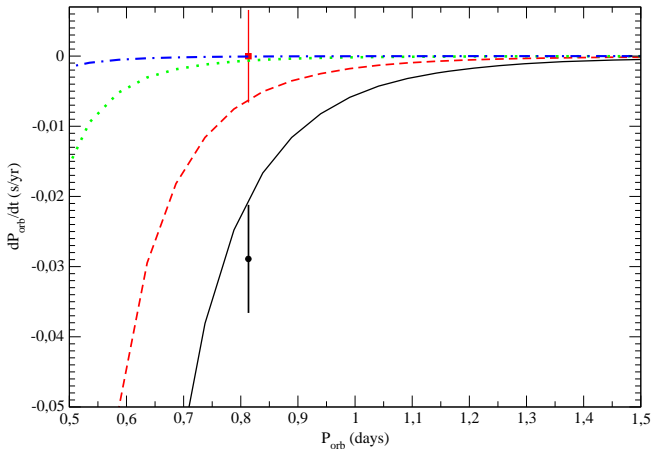
Результаты. Wasp12



Dashed, dotted and dot dashed $D=0.3;0.03;0.003$;

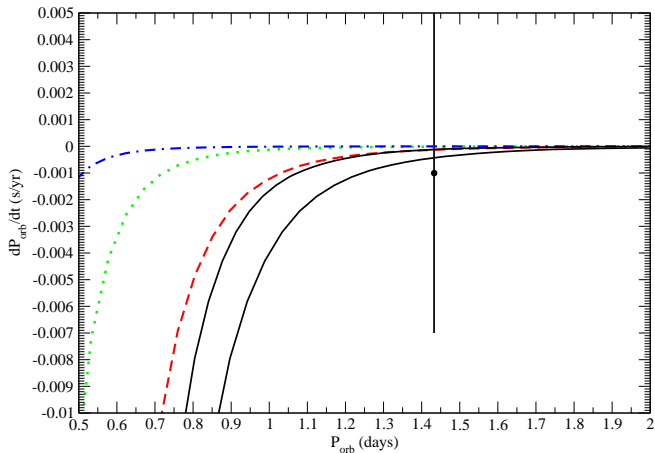
Solid model A and B.

Результаты. Wasp43



Dashed, dotted and dot dashed $D=0.3;0.03;0.003$

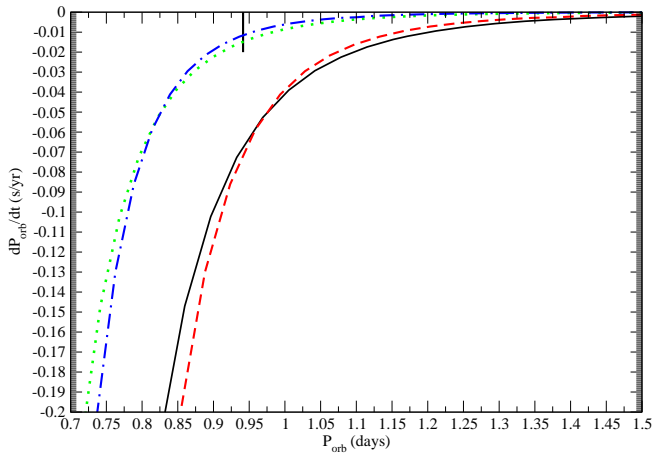
Результаты. Ogle-TR-113



Dashed, dotted and dot dashed $D=0.3;0.03;0.003$;

Solid with and without rotation

Результаты. Wasp18



Solid, dashed model A, B without rotation; dotted, dot dashed model A,B with rotation

Какой именно режим работает в рассмотренных системах остается под вопросом. Во всех системах кроме Wasp43 может, в принципе, выполняться режим умеренно быстрой диссипации, но наблюдательные ошибки, на сегодняшний день, достаточно большие.