

ЭВОЛЮЦИЯ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ В ГАЛАКТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Т. А. АГЕКЯН, Ж. П. АНОСОВА

Поступила 26 января 1968

При помощи метода статистических испытаний исследовано влияние прохождения звезд поля на большую полуось и эксцентриситет двойной звезды. Определены частоты случаев распада двойной и случаев образования новой пары в зависимости от скорости прохождения звезды поля и ее прицельного расстояния. Найдено распределение эксцентриситетов у вновь образовавшихся пар.

Исследование эволюции двойных звезд в общем галактическом поле проведено Ябушита [1] и Т. А. Агекяном и Н. Л. Примак [2]; в обеих работах применен метод статистических испытаний. В [1] рассмотрено влияние прохождения около двойных звезд звезд поля со скоростью 20 км/сек. Получена вероятность распада двойной звезды после прохождения: она равна 0.23, когда большая полуось a первоначальной орбиты двойной равна 10^2 а.е. и 10^3 а.е. При $a = 10^4$ а.е. вероятность распада меньше 0.002. В [1] не зафиксировано ни одного случая образования новой пары, то есть захвата проходящей звездой одного из компонентов двойной при удалении другого компонента.

В [2] исследованы менее быстрые прохождения звезд поля около двойной звезды, причем рассмотрены прохождения, происходящие в плоскости орбиты двойной. Отношение $2C$ кинетической энергии звезды поля к полной внутренней энергии пары принималось равным 2, 4 и 8, а эксцентриситеты первоначальной орбиты двойной — равными 0.3, 0.6 и 0.9. Оказалось, что при небольшой скорости проходящей звезды ($C = 2$) почти в половине всех случаев происходит образование новой пары; в случае сохранения старой пары большая полуось ее орбиты увеличивается. С возрастанием C число образования новых пар уменьшается, а число распадов, когда все компоненты становятся одиночными звездами, с увеличением C сначала растет, а потом уменьшается.

По результатам [2] нельзя оценить долю двойных звезд, образовавшихся в результате захвата проходящей звездой поля одного из компонентов первоначальной двойной, так как в [3] исследовалась только плоская задача.

В настоящей работе рассмотрена трехмерная задача. Координаты и скорости компонентов двойной A_1 и A_2 в начальный момент определяются как и в [2].

Для задания случайных начальных условий звезды поля совместим начало координат с центром инерции двойной, плоскость XOY с плоскостью орбиты и ось X с большой полуосью орбиты (рис. 1).

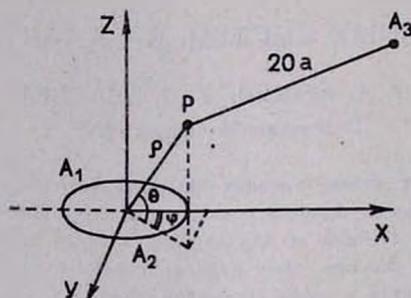


Рис. 1.

Прохождение характеризуется прицельной точкой, то есть точкой, в которой проходящая звезда, если бы она двигалась по прямой, была бы ближе всего к центру инерции двойной. Сферические координаты прицельной точки — ρ , θ и φ . Функции их распределения $f_1(\rho) = k_1 \rho^2$; $f_2(\theta) = k_2 \sin \theta$; $f_3(\varphi) = k_3$. Коэффициенты k_1 , k_2 и k_3 определяются из условий нормировки. Движение проходящей звезды происходит в плоскости S , перпендикулярной к радиусу-вектору, проведенному к прицельной точке. Поэтому направление движения определяется углом α , отсчитываемым в плоскости S от прямой, образуемой пересечением плоскости S с плоскостью, проходящей через прицельную точку и ось Z . Расстояние звезды поля от прицельной точки в начальный момент принималось равным $20a$. В действительности прохождение звезды поля мимо двойной начинается со сколь угодно большого расстояния. Но если начальное расстояние проходящей звезды до центра инерции двойной принять достаточно большим, то предшествующим взаимодействием звезды поля с двойной можно пренебречь.

Случайные величины θ , φ и α заключены в интервалах $\theta \in [0, \pi/2]$; $\varphi \in [0, \pi]$; $\alpha \in [0, 2\pi]$. Для случайной величины ρ рассматривались три интервала $[0, a]$, $[a, 2a]$ и $[2a, 3a]$.

Координаты и скорости проходящей звезды определяются при помощи выражений

$$x_3 = \rho \sin \theta \cos \varphi + 20a \sin \theta_1 \cos (\varphi + \varphi')$$

$$y_3 = \rho \sin \theta \sin \varphi + 20a \sin \theta_1 \sin (\varphi + \varphi')$$

$$z_3 = \rho \cos \theta + 20a \cos \theta_1$$

$$\cos \theta_1 = \sin \theta \cos \alpha, \quad \operatorname{tg} \varphi' = - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\cos \theta}$$

$$\dot{x}_3 = -v \sin \theta_1 \cos (\varphi + \varphi')$$

$$\dot{y}_3 = -v \sin \theta_1 \sin (\varphi + \varphi')$$

$$\dot{z}_3 = -v \cos \theta_1.$$

Модуль скорости проходящей звезды, как и в [2], определяется по формуле

$$v = 2\pi\sqrt{C},$$

где $2C$ — задаваемое отношение кинетической энергии проходящей звезды к внутренней энергии двойной. Для C рассматривались значения: 1.5; 2; 3; 4; 6; 8; 12; 20; эксцентриситет двойной в начальный момент принят равным 0.2.

Для каждого фиксированного значения C и каждого интервала изменения значений ρ $[0, a]$, $[a, 2a]$, $[2a, 3a]$ выполнено численное интегрирование на ЭВМ уравнений пространственного движения трех тел с применением линеаризации для 100 различных начальных конфигураций и скоростей компонентов, задаваемых пятью случайными числами t , ρ , θ , φ и α . Случайные числа вырабатывались на ЭВМ. Контролем вычислений служили условия постоянства энергии (точность $\Delta E/E < 0.005$) и главного момента вращения системы. Интегрирование уравнений движения прекращалось, когда одно из расстояний между компонентами становилось больше $20a$.

Результаты вычислений приведены в табл. 1. В первом столбце указаны значения C . Во втором, пятом и восьмом столбцах даны n_1 — число случаев сохранения двойной и удаления звезды поля, n_2 — число случаев, когда звезда поля образует с одним из компонентов двойной новую двойную, а другой компонент двойной удаляется, n_3 — число случаев распада двойной, когда все три звезды становятся одиночными. В третьем, четвертом, шестом и седьмом столбцах приведены соответственно \bar{a} и \bar{e} , средняя полуось и средний эксцентриситет двойной после прохождения и их средние квадратические отклонения.

Таблица 1

С	Сохранение старой двойной			Образование новой двойной			Распад
	n_1	\bar{a}	\bar{e}	n_2	\bar{a}	\bar{e}	
1.5	26	5.94±17.82	0.67±0.27	50	6.94± 27.09	0.75±0.33	24
2	27	3.82± 5.93	0.72±0.26	22	3.55± 8.53	0.83±0.22	51
3	37	5.74±19.09	0.71±0.26	11	193.13±536.42	0.80±0.36	52
4	54	3.14± 6.68	0.66±0.21	1	0.94	0.96	45
6	62	2.92± 5.48	0.54±0.19	0			38
8	71	3.66±10.32	0.54±0.24	0			29
12	78	2.49± 4.64	0.50±0.24	0			22
20	81	2.39± 6.22	0.43±0.22	0			19

 $0 < \rho < \alpha$ $\alpha < \rho < 2\alpha$

1.5	77	2.90±15.29	0.53±0.26	8	7.36± 12.26	0.76±0.17	15
2	77	1.86± 3.47	0.47±0.23	4	7.63	0.90	19
3	79	1.85± 1.97	0.44±0.21	1	1.22	0.70	20
4	97	2.34± 6.69	0.38±0.22	0			3
6	98	1.93± 7.14	0.33±0.18	0			2
8	99	1.33± 1.12	0.30±0.18	0			1
12	99	1.10± 0.51	0.27±0.15	0			1
20	98	1.08± 0.32	0.24±0.13	0			2

 $2\alpha < \rho < 3\alpha$

1.5	97	1.88± 4.51	0.35±0.18	0	—	—	3
2	98	1.55± 1.44	0.33±0.20	1	3.66	0.84	1
3	100	1.09± 0.51	0.26±0.14	0	—	—	0
4	100	1.08± 0.50	0.25±0.14	0	—	—	0
6	100	1.05± 0.10	0.23±0.12	0	—	—	0
8	99	1.00± 0.10	0.21±0.08	0	—	—	1
12	100	1.08± 0.59	0.22±0.04	0	—	—	0
20	100	1.02± 0.09	0.20±0.06	0	—	—	0

Как видно из табл. 1, влияние проходящей звезды особенно сильно при малых значениях C и ρ , изменяющемся в интервале $[0, a]$. Как и в случае плоской задачи [2], при этом наблюдается высокая частота образования новых пар, значительное число распадов и существенное увеличение большой полуоси и эксцентриситета у сохранившихся пар. С увеличением C и расстояния прицельной точки от центра инерции двойной влияние проходящей звезды уменьшается, увеличивается относительная частота сохранения двойной; с увеличением C относительное число распадов сначала растет, потом убывает.

Таблица 2

e	N
0—0.1	0
0.1—0.2	1
0.2—0.3	5
0.3—0.4	2
0.4—0.5	2
0.5—0.6	10
0.6—0.7	6
0.7—0.8	12
0.8—0.9	18
0.9—1.0	42

Сравнение результатов для плоской и пространственной задач показывает, как и следовало ожидать, что в случае плоской задачи относительная частота образования новых пар выше.

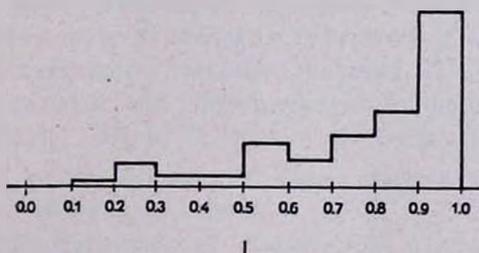


Рис. 2.

Тем не менее, полученные результаты показывают на возможно существенную роль процесса замены одного из компонентов двойной звезды проходящей звездой поля. Особенно сильное влияние этот процесс должен оказывать на звезды, принадлежащие звездным скоплениям.

В табл. 2 и на рис. 2 приведены данные о распределении эксцентриситетов 98 вновь образовавшихся двойных. Эти данные, характеризующие получаемое распределение эксцентриситетов при некотором случайном процессе образования двойных, интересно сравнить с наблюдаемым распределением эксцентриситетов у двойных звезд.

Ленинградский государственный
университет

THE EVOLUTION OF BINARY SYSTEMS IN THE GALACTIC FIELD

T. A. AGEKIAN, G. P. ANOSOVA

By means of the method of statistical tests, the influence of transits of field stars on the large semiaxis and eccentricity of a binary star has been investigated. The frequencies of cases of destructions of a binary star and of the cases of formation of a new pair depending on the velocity of bypassing field star and its target distance were determined. The distribution of eccentricities in newly formed pairs has been found.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. S. Jabushita, MN, 33, 2, 1966.
2. Т. А. Агекян, Н. А. Примак, *Астрофизика*, 4, 2, 1968.