ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVI 1958 1

АСТРОФИЗИКА

Р. А. Саакян

# О возникновении двойных звезд путем захвата

(Представлено В. А. Амбарцумяном 28. VIII. 1957)

Статистическими подсчетами показано ([1]), что визуально двойные звезды распределены по разностям звездных величин компонент примерно равномерно или, во всяком случае, что эта функция не возрастающая. Этот факт дает основание заключить, что компоненты двойных звезд имеют общее происхождение. Действительно, если компоненты двойных звезд являлись бы следствием случайных сближений отдельных звезд, то, как увидим ниже, распределение двойных звезд по разностям звездных величин компонент вовсе не было бы таким, каким получается из данных наблюдений.

Попытаемся, исходя из гипотезы захвата, получить функцию распределения двойных звезд по разностям звездных величин компонент.

Можно показать, что вероятность образования двойных звезд, из двух одиночных звезд путем захвата с помощью третьей звезды, в первом приближении не зависит от разницы звездных величин звезд, образующих двойную систему.

Так как гипотеза захвата считает, что двойные звезды образовались из отдельных независимо возникших звезд Галактики путем захвата, то для получения числа всех двойных звезд, образовавшихся путем захвата, надо исходить из совокупности одиночных звезд Галактики.

Найдем, согласно теории захвата, число двойных звезд, у которых разница звездных величин компонент должна быть равна $\Delta M$. Иначе говоря, найдем функцию распределения разностей звездных величин компонент $F(\Delta M)$.

Если в некотором определенном объеме число одиночных звезд, имеющих абсолютную звездную величину $M$, обозначим через $B_M$, а число одиночных звезд, имеющих абсолютную величину $M+\Delta M$, обозначим через $B_{M+\Delta M}$, то по теории захвата число двойных звезд, образующихся из этих звезд, будет:

$$N = c\, B_M\, B_{M+\Delta M}, \tag{1}$$

где $c$ не зависит от $\Delta M$.

В объеме, где находятся звезды всех абсолютных величин, функция распределения по $\Delta M$, согласно формуле (1), будет:

$$\Phi(\Delta M) = c\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(M)\,\varphi(M+\Delta M)\,dM + c\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(M)\,\varphi(M-\Delta M)\,dM =$$

$$= 2c\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(M)\,\varphi(M+\Delta M)\,dM, \tag{2}$$

где $\varphi(M)$ — функция светимости, а плотность распределения звезд принята постоянной.

Из общего числа двойных звезд, образующихся путем захвата, нас интересуют те двойные звезды, которые возможно наблюдать, ибо мы желаем сравнить полученные результаты с данными наблюдений.

Функция распределения двойных звезд по $\Delta M$ для данного значения видимой величины главной компоненты, вытекающая из теории захвата, будет*:

$$F_m = c\int_{0}^{\infty} \varphi(M)\,\varphi(M+\Delta M)\,D^2(r)\,dr, \tag{3}$$

где $r$ — расстояние от нас, на котором звезды, имеющие абсолютную звездную величину $M$, имеют видимую величину $m$; $D(r)$ — плотность распределения звезд в пространстве.

Если принять плотность распределения звезд в пространстве постоянной и пренебрегать межзвездным поглощением света, то при функции светимости вида $\varphi(M) = 10^{b_0 + b_1 M - b_2 M^2}$ и, пользуясь общеизвестной формулой: $5\lg r = m - M + 5$, формула (3) дает:

$$F_m = c\,10^{0.6m}\int_{-\infty}^{\infty} 10^{2b_0 + b_1\Delta M - b_2\Delta M^2 + 2(b_1 - 0{,}3 - b_2\Delta M)M - 2b_2 M^2}\,dM. \tag{4}$$

Согласно общей формуле,

$$\int_{-\infty}^{\infty} 10^{n_0 + n_1 x - n_2 x^2}\,dx = \sqrt{\frac{0.4343\pi}{n_2}}\,10^{n_0 + \frac{n_1^2}{4n_2}}. \tag{5}$$

Из формулы (4) получаем:

---

* Вероятность образования двойной звезды путем захвата будет зависеть от суммы масс звезд, образующих двойную систему. Но это обстоятельство, как увидим, не может влиять на форму функции распределения двойных звезд по $\Delta M$.

$$F_m^{(\Delta M)} = c_1 10^{0.6M} \, 10^{2b_0 + b_1 \Delta M - b_2 \Delta M^2 + \frac{4(b_1 - 0.3 - b_2 \Delta M)^2}{8b_2}}, \tag{6}$$

откуда

$$F_m^{(\Delta M)} = c_1 10^{0.6m} \, 10^{c_2 + 0.3\Delta M - \frac{b_2}{2} \Delta M^2}, \tag{7}$$

где $c_1$ и $c_2$ — постоянные.

Отсюда видно, что функция распределения $\Delta M$, для данной $m$, возрастает в большом интервале значений $\Delta M$ ($b_2$ — малая величина).

Теперь найдем функцию распределения, вытекающую из теории захвата, для всех значений $m$. Так как статистические данные для составления функции распределения $F(\Delta M)$ мы взяли из каталога двойных звезд Эйткена, который содержит двойные звезды примерно до 9-й величины, а спутники их примерно до 15-й величины, то при выводе функции распределения, для всех значений $m$, необходимо $m$ и $m + \Delta M$ взять соответственно в пределах $-\infty \leqslant m \leqslant 9^m$, $-\infty \leqslant m + \Delta m \leqslant 15^m$.

Очевидно, что в этом случае, при данной величине $m$, $\Delta m$ находится в пределах $0 \leqslant \Delta m \leqslant 15^m - m$. Поэтому при выводе искомой функции распределения, вытекающей из теории захвата, надо интегрировать формулу (7) по $m$ в интервале, в пределах которого возможно образование двойных систем, имеющих разницу звездных величин компонент, равную $\Delta m$. Тогда в интервале $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$ имеем:

$$F(\Delta M) = c_3 10^{0.3\Delta M - \frac{b_2}{2} \Delta M^2} \int\limits_{-\infty}^{9} 10^{0.6m} dm, \tag{8}$$

откуда получаем:

$$F(\Delta M) = c_4 10^{0.3\Delta M - \frac{b_2}{2} \Delta M^2} \quad (\Delta M < 6^m). \tag{9}$$

Формула (9) показывает, что $F(\Delta M)$ в пределах $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$ является возрастающей функцией ($b_2$ — малая величина).

В интервале $6^m < \Delta M \leqslant 15^m - m$, где $-\infty \leqslant m < 9^m$, функция распределения $F(\Delta M)$ будет:

$$F(\Delta M) = c_3 10^{0.3\Delta M - \frac{b_2}{2} \Delta M^2} \int\limits_{-\infty}^{15 - \Delta M} 10^{0.6m} dm,$$

откуда получаем:

$$F(\Delta M) = a_2 10^{-0.3\Delta M - \frac{b_2}{2} \Delta M^2}, \tag{10}$$

где $6^m < \Delta M \leqslant \infty$.

Формула (10) показывает, что функция $F(\Delta M)$, в интервале $6^m < \Delta M \leqslant \infty$, убывающая.

Таким образом, получается, что функция распределения по $\Delta M$, вытекающая из теории захвата, возрастающая в интервале $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$ и убывающая в интервале $6^m < \Delta M \leqslant \infty$.

Если же мы ограничимся значениями $m$ от 6 до 9, то функция распределения $F(\Delta M)$, вытекающая из теории захвата, для этих звезд, в интервале $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$, будет:

$$F(\Delta M) = c_3 10^{0.3\Delta M - \frac{b_3}{2}\Delta M^2} \int\limits_6^9 10^{0.6m}\, dm,$$

откуда получаем:

$$F(\Delta M) = a_3 10^{0.3\Delta M - \frac{b_3}{2}\Delta M^2}. \tag{9'}$$

Как видно, формула (9′) отличается от формулы (9) только постоянным коэффициентом.

В интервале $6^m < \Delta M \leqslant 9^m$ эта функция будет:

$$F(\Delta M) = c_3 10^{0.3\Delta M - \frac{b_3}{2}\Delta M^2} \int\limits_6^{15-\Delta M} 10^{0.6m}\, dm,$$

откуда получаем:

$$F(\Delta M) = c_3' 10^9 \cdot 10^{-0.3\Delta M - \frac{b_3}{2}\Delta M^2} - c_3' 10^{3.6} . 10^{0.3\Delta M - \frac{b_3}{2}\Delta M^2}. \tag{10'}$$

Из формул (9′) и (10′) видно, что функция распределения $F(\Delta M)$, вытекающая из теории захвата, для двойных звезд 6—9 видимых величин, является возрастающей в интервале $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$ и убывающей в интервале $6^m < \Delta M \leqslant 9^m$.

Б. Ю. Левин [2] в качестве функции распределения, вытекающей из теории захвата, использует формулу:

$$F(\Delta M) = c \int\limits_{-\infty}^{\infty} \varphi(M)\varphi(M + \Delta M)\, V(M)\, dM, \tag{11}$$

где $V(M)$ — объем, в котором наблюдаются звезды, имеющие абсолютную величину $M$.

С помощью этой формулы, пренебрегая неравномерным распределением звезды в пространстве, а также межзвездным поглощением, и используя функцию светимости Паренаго, Левин получил следующую таблицу (табл. 1) функции распределения двойных звезд по $\Delta M$.

Эта таблица показывает, что функция распределения двойных звезд по $\Delta M$, вытекающая из теории захвата, возрастающая, что противоречит результатам, полученным выше*.

* Левин в табл. 1 для $\Delta M$ взял отрицательный знак, что немыслимо.

*Таблица 1*

| $\Delta M$ | $F(\Delta M)$ | $\Delta M$ | $F(\Delta M)$ | $\Delta M$ | $F(\Delta M)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $-5^m$ | 0,007 | $0^m$ | 0,6 | $7^m$ | 12 |
| $-4$ | 0,02 | 1 | 1,1 | 9 | 21 |
| $-3$ | 0,06 | 2 | 2,2 | 11 | 31 |
| $-2$ | 0,14 | 3 | 3,5 | 13 | 40 |
| $-1$ | 0,28 | 4 | 5,0 | 15 | 43 |
| | | 5 | 7,1 | 17 | 60 |

Очевидно, что формула (следовательно и таблица) Левина непригодна для сравнения с данными наблюдений. В самом деле, число двойных звезд в объеме $V(M)$, образовавшихся путем захвата, компоненты которых имеют абсолютную звездную величину $M$ и $M+\Delta M$, будет пропорциональным числу $\varphi(M)\varphi(M+\Delta M)V(M)D^2(r)$, но часть пар, имеющих абсолютную величину $M$ и большие $\Delta M$, не наблюдается в объеме $V(M)$. Следовательно, сравнение данных наблюдений с данными табл. 1 для больших $\Delta M$ не имеет смысла.

Б. Ю. Левин, приводя эмпирическую таблицу (табл. 2), составленную Валенквистом, заключает, что она тоже свидетельствует о возрастании $F(\Delta M)$ с $\Delta M$. Из сравнения этих двух таблиц Левин заключает, что двойные звезды действительно возникли путем захвата.

*Таблица 2*

| | $\Delta M$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $m < 4^m$ | $F(\Delta M)$ | — | — | 2 | 2 | 1 | 3 | 7 | 1 | 7 | 9 | 2 |
| $m = 6^m,5$ | $F(\Delta M)$ | 9 | 32 | 20 | 34 | 40 | 27 | 25 | 6 | — | — | — |

Во-первых, как мы показали, табл. 1 непригодна для сравнения, а, во-вторых, таблица Валенквиста вовсе не доказывает, что эта функция возрастающая.

Следовательно, было бы неверно делать из этих таблиц вывод о том, что двойные звезды возникли путем захвата. Данные Валенквиста весьма скудны, а что касается статистических данных, приведенных нами в работе ([1]), которые основаны на более богатом материале, то они противоречат заключению Левина и показывают, что число двойных звезд по разнице яркостей компонент распределено приблизительно равномерно или, по крайней мере, для малых $\Delta M$ функция $F(\Delta M)$ не возрастающая.

Можно считать, что вышеупомянутая таблица Валенквиста, приведенная Левиным, тоже подтверждает последнее заключение.

Выше мы показали, что если бы двойные звезды возникали путем захвата, то $F(\Delta M)$ была бы возрастающей функцией в интервале $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$ и убывающей функцией в интервале $6^m < \Delta M < \infty$.

При выводе полученных выше формул мы считали, что вероятность образования двойных звезд путем захвата не зависит от суммы масс звезд, образующих двойную систему. Но, между тем, эта вероятность есть возрастающая функция от $m_1 + m_2$ [2] (где $m_1$ и $m_2$ — массы звезд).

Можно показать, что это обстоятельство не может влиять на форму функции, выведенной выше. В самом деле, для данной суммы масс и для малых $\Delta M$, из (4) имеем приближенно:

$$F_m = c_i(M)\, 10^{0.6m}\, 10^{b_i \Delta M},$$

откуда для звезд 6—9 величин имеем:

$$F_i = c_i(M) 10^{b_i \Delta M} \int_6^9 10^{0.6m}\, dm = c_i'(M)\, 10^{b_i \Delta M},$$

откуда для всех $M$ имеем:

$$F(\Delta M) = k 10^{b_i \Delta M} \quad (k \text{— постоянная величина}),$$

что и требовалось доказать.

Но так же, как путем захвата, возможно возникновение двойных систем, возможно и разрушение двойных систем с помощью третьей звезды. Число разрушений двойных звезд с помощью третьих звезд будет пропорционально числу двойных звезд.

Следовательно, число разрушений тоже будет возрастающей функцией в интервале $0 \leqslant \Delta M \leqslant 6^m$, если принять, что двойные звезды образовались путем захвата, и, учитывая, что вероятность разрушения двойных систем есть возрастающая функция от $\Delta M$.

Если теперь не учитывать влияния процессов разрушений на функцию $F(\Delta M)$, как это принимает Левин [2], то мы придем к выводу, что функция распределения двойных звезд по разностям звездных величин компонент, образовавшихся путем захвата и имеющих звездные величины от $9^m$ до $15^m$ в интервале разностей звездных величин компонент $(0^m.0,\ 6^m)$, будет возрастающей функцией, что противоречит данным наблюдений [1].

Из вышеизложенного следует, что двойные звезды, по-видимому, не возникают в результате приближений отдельных независимых звезд, а компоненты каждой двойной звезды имеют общее происхождение.

Выражаю глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за помощь при выполнении этой работы.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

Ռ. Հ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

## Գրավման միջոցով կրկնակի աստղերի առաջացման մասին

*Դիտողական տվյալների վիճակագրական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ վիզուալ կրկնակի աստղերի բաշխումը ըստ նրանց բաղադրիչների՝ աստղային մեծությունների տարբերությունների, մոտավորապես համաչափ է կամ, համենայնդեպս, այդ տարբերությունների փոքր արժեքների համար բաշխման ֆունկցիան աճող չէ:*

*Օգտագործելով վիզուալ կրկնակի աստղերի վերը նշված օրինաչափությունը, մենք այս աշխատանքում փորձել ենք քննարկել գրավման միջոցով կրկնակի աստղերի առաջացման հնարավորությունը:*

*Այդ պրոբլեմի քննարկումը՝ գրավման միջոցով կրկնակի աստղերի առաջացման հավանականության հարցը լուծված չլինելու պատճառով, կապված էր դժվարությունների հետ: Վերջին ժամանակներս մեզ հաջողվեց մոտենալ գրավման միջոցով կրկնակի աստղերի առաջացման հավանականության արժեքների մոտավոր ստացմանը:*

*Օգտագործելով այդ ուղղությամբ ստացված արդյունքները, և ընդունելով, որ կրկնակի աստղերն առաջացել են Գալակտիկայում գտնվող միայնակ աստղերի պատահական հանդիպման ժամանակ՝ գրավման միջոցով, ստացված է այդ ձևով առաջացող կրկնակի աստղերի բաշխման ֆունկցիան, ըստ նրանց կոմպոնենտների աստղային մեծությունների տարբերությունների:*

*Այդ ֆունկցիան արգումենտի (0,6) ինտերվալի համար ստացվում է աճող, որը հակասում է վիճակագրական տվյալներին:*

*Այստեղից արվում է եզրակացություն, որ կրկնակի աստղերը Գալակտիկայում չեն առաջացել գրավման միջոցով, այլ ըստ երևույթին, յուրաքանչյուր կրկնակի աստղի կոմպոնենտներն ունեն ընդհանուր ծագում:*

### ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

*Р. А. Саакян.* ДАН АрмССР, XIX, 5 (1954). [2] *Б. Ю. Левин.* ДАН СССР, 70, 1 (1950).