

Р. А. Саакян

ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД ПО СУММЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ РАДИУСОВ КОМПОНЕНТ

1. ВВЕДЕНИЕ

Обнаружение двойных звезд обычно происходит тремя путями: визуально, спектроскопически и фотометрически.

Визуально обнаруживаются сравнительно широкие пары. Спектроскопическим путем легко обнаруживаются тесные пары, состоящие из звезд, у которых орбитальная скорость велика. При этом вероятность открытия больше для тех звезд, у которых плоскость орбиты составляет малый угол с лучом зрения. Учитывая это, можно утверждать, что число пар (с расстояниями меньше 10 а. е.) гораздо больше, чем может быть обнаружено спектральным путем.

Фотометрическим способом обнаруживаются тесные двойные звезды, у которых плоскости орбит составляют очень малый угол с лучом зрения. Фотометрическим способом легко обнаруживаются те звезды, у которых i (угол между лучом зрения и нормалью к плоскости орбиты) больше, орбитальный период обращения меньше, размеры компонент больше и у которых поверхностные яркости компонент сильно отличаются друг от друга.

Таким образом, мы видим, что на число обнаруженных и внесенных в каталоги двойных, имеющих данные особенности, большое влияние может оказать избирательность наблюдений. Поэтому при обработке материала наблюдений со статистическими целями надо учитывать избирательность наблюдений. В противном случае часто можно прийти к неправильным заключениям.

Визуально-двойные звезды статистически изучены лучше, чем тесные двойные звезды. Для визуально-двойных звезд, из данных наблюдений, получено несколько функций распределения. Так, например, Эпиком [2] и Амбарцумяном [1] получена функция распределения визуально-двойных звезд по расстояниям между компонентами, а Валенквистом и автором [3] получена функция распределения визуально-двойных звезд по разностям звездных величин компонент и т. д.

Для тесных двойных звезд эти функции распределения до сих пор не получены и пока не ясно, можно ли закономерности, относящиеся к широким парам, распространить на тесные двойные или нет. Чтобы ответить на этот вопрос, надо изучать данные наблюдений, касающиеся тесных двойных. При этом получить прямые данные о некоторых характеристиках этих звезд непосредственно из наблюдений часто еще невозможно.

Однако можно попытаться получить законы распределения некоторых элементов тесных двойных звезд из данных наблюдений над спектральными двойными и фотометрическими двойными, используя знание вероятностей открытия и статистику величин, зависящих от этих элементов, т. е. используя косвенные данные.

Ниже делается такая попытка в отношении фотометрических двойных.

§ 1. О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ АМПЛИТУДОЙ ЗВЕЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ОБЩЕГО ЗАТМЕНИЯ И СУММОЙ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ РАДИУСОВ КОМПОНЕНТ

Допустим, что имеется затменная переменная с определенными элементами. Если оставить все элементы этой звезды постоянными, а наклонность орбиты менять, то будут изменяться амплитуда звездной величины и продолжительность затмения, так как они обе зависят от наклонности орбиты. Таким образом, должна существовать зависимость между амплитудой и продолжительностью затмения затменной переменной. В случае же, когда имеется много пар со

всевозможными физическими элементами звезд и элементами орбит, положение дел будет другим.

Данные наблюдений, взятые из каталога переменных звезд Кукаркина-Паренаго, показывают, что никакой корреляции между амплитудами и продолжительностями затмений нет и в среднем, как показывает таблица 1, различным значениям амплитуды A соответствует примерно одна

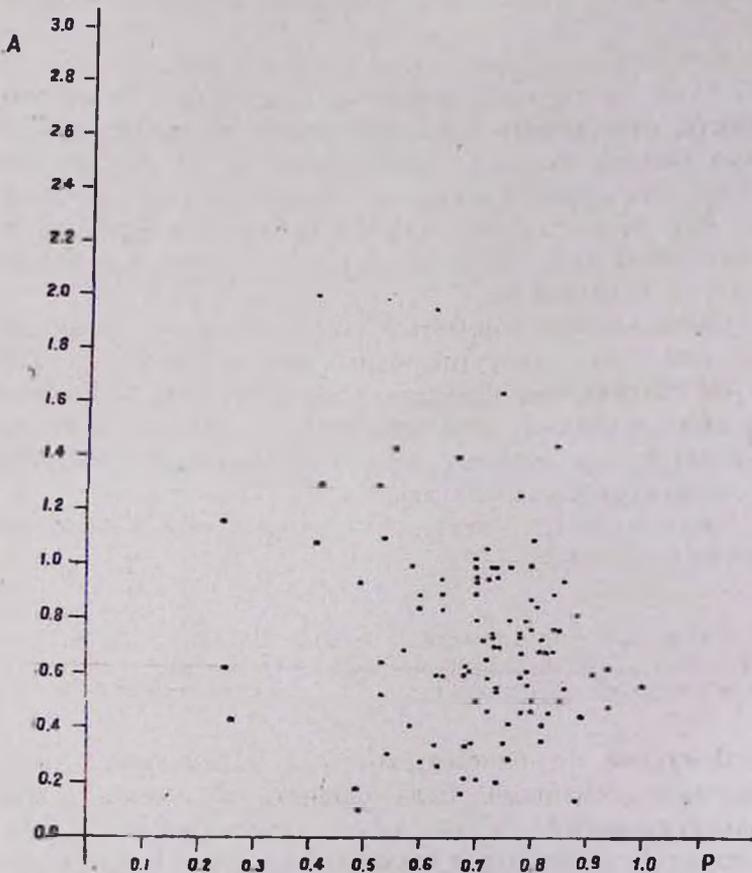


Рис. 1.

и та же средняя продолжительность затмения D , где D выражено периодом. График 1, составленный по данным ката-

лога зетменных переменных Казанской обсерватории, также показывает, что нет корреляции между A и p , где p —сумма радиусов компонент, выраженная в долях расстояния между компонентами.

То явление, что каждому A может соответствовать любое D и p и, наоборот, каждому D и p может соответствовать любое A , объясняется теоретически.

В самом деле $A = \text{const}$ (при $j' = \text{const}$, $k = \frac{a_2}{a_1}$, где a_1 и a_2 — радиусы компонент, а j' — отношение поверхностных яркостей компонент), соответственно $\alpha = \text{const}$, где α — фотометрическая фаза при соединении компонент (орбиты принимаются кругами).

α — определяется из формулы (7). Из формулы (7) и $\alpha = \text{const}$ следует, что

$$\frac{\cos i}{p} = \text{const}, \quad (1')$$

где i — наклонность орбиты, $p = \frac{a_1 + a_2}{a}$ и a — расстояние между компонентами.

Отсюда видно, что одному и тому же A соответствуют разные p , зависящие от i .

Из [4] имеем:

$$y^2 = \frac{p^2 - \cos^2 i}{\sin^2 i}, \quad (1)$$

где $y = \sin \pi D$

Из (1') и (1) получим:

$$y = c \operatorname{ctg} i \quad (2)$$

формула (2) показывает, что одному и тому же A соответствуют разные y , следовательно, и разные D , зависящие от i .

Теперь можем показать, что среднее y зависит, а среднее A не зависит от p .

В самом деле, в интервале $\frac{\pi}{2} > i > \arccos p$ среднее y определяется из формулы:

Таблица 1

A	0.31	0.64	1.04	1.41	1.83	2.17	2.67	3.05	3.47	Сред.
D	0.15	0.13	0.13	0.13	0.14	0.12	0.11	0.13	0.13	0.13
n	35	70	67	30	20	10	8	7	3	250

$$\bar{y} = \frac{c_1 \int \cos i \, di}{\int \sin i \, di} = c_1 \frac{1 - \sqrt{1 - c^2 p^2}}{cp},$$

откуда видно, что \bar{y} зависит от p .

Очевидно, что A при постоянном j' зависит только от α и $k = \frac{a_2}{a_1}$.

Среднее α определяется из соотношения:

$$\bar{\alpha} = \frac{\int_0^{\frac{\pi}{2}} \alpha \sin i \, di}{\int \sin i \, di} \quad (3)$$

Нижний предел интегралов определяется из формулы (1), при $D = 0$.

Следовательно получим:

$$i_1 = \arcsin p$$

α определяется из формулы (4) [5]:

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\varphi_1 \frac{a_1^2}{a_2^2} + \varphi_2 - \frac{\Delta}{a_2^2} a_1 \sin \varphi_1 \right], \quad (4)$$

где

$$a_2^2 = a_1^2 + \Delta^2 - 2a_1 \Delta \cos \varphi_1, \quad (5)$$

$$a_1^2 = a_2^2 + \Delta^2 - 2a_2 \Delta \cos \varphi_2,$$

Δ — проекция расстояния между компонентами на небесной сфере.

При соединении компонент $\Delta = a \cos i$.

Из (4) и (5) получим:

$$\alpha = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{k^2} \arccos \frac{k-1-\frac{\cos^2 i}{p^2}}{\frac{2 \cos i}{p}} + \arccos \frac{1-k-\frac{\cos^2 i}{p^2}}{\frac{2k \cos i}{p}} \right] - \frac{1}{\pi} \left[\frac{(1+k) \cos i}{kp} \sqrt{1 - \left(\frac{k-1-\frac{\cos^2 i}{p^2}}{\frac{2 \cos i}{p}} \right)^2} \right] \quad (6)$$

Вкратце эту зависимость α от k и i обозначим так:

$$\alpha = F \left(k, \frac{\cos i}{p} \right) \quad (7)$$

Из (3) и (7) получим:

$$\bar{\alpha} = \frac{\int_{\arccos p}^{\frac{\pi}{2}} F \left(k, \frac{\cos i}{p} \right) \sin i \, di}{\int_{\arccos p}^{\frac{\pi}{2}} \sin i \, di}$$

обозначим:

$$\frac{\cos i}{p} = x,$$

тогда получим:

$$\bar{\alpha} = \frac{\int_0^1 F(k, x) p \, dx}{\int_0^1 p \, dx} = \int_0^1 F(k, x) \, dx. \quad (8)$$

Как видно из (8), $\bar{\alpha}$ не зависит от p .

Таким образом, выясняется, что $\bar{\alpha}$ не зависит от p , в то время как α зависит от p .

§ 2. ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБНАРУЖЕННЫХ ЗАТМЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ПО y

Для определения этой функции составлены табл. 2 и график 2. На графике 2 нанесены все обнаруженные затменные переменные, у которых известны D (продолжитель-

ность общего затмения). Из этих данных функцию $N(y)$ можно представить интерполяционной формулой:

$$N(y) = 643 y e^{-\frac{(y-0,23)^2}{0,06}} \quad (9a)$$

или интерполяционной формулой

$$N(y) = 2257 y^{1,5} e^{-\frac{(y-0,04)^2}{0,1}}, \quad (9b)$$

которые даны на графиках 3 и 4 соответственно.

Таблица 2

Функция распределения обнаруженных затменных переменных по y

y	0.031	0.094	0.156	0.218	0.279	0.337	0.397	0.454	0.510	0.561	0.611
$N(y)$	8	27	52	96	188	143	167	135	93	87	27
y	0.662	0.707	0.750	0.790	0.826	0.861	0.891	0.999			
$N(y)$	28	14	4	9	1	4	2	1			

§ 3. ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ ПО СУММЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ РАДИУСОВ

Обозначим эту функцию через $f(p)$, физическую вероятность открытия затменной-переменной через w , а „геометрическую вероятность открытия“ через $w_2 = p$ [6].

Тогда число затменных переменных, имеющих p в интервале $p, p + dp$, определится через

$$f(p) p dp.$$

Теперь если принять, что среднее число наблюдений, произведенных для обнаружения затменных переменных для всех участков неба, постоянно, то число обнаруженных затменных переменных выразится через

$$f(p) p w dp,$$

а из них число тех звезд, у которых l находится в интервале $l, l + dl$, будет

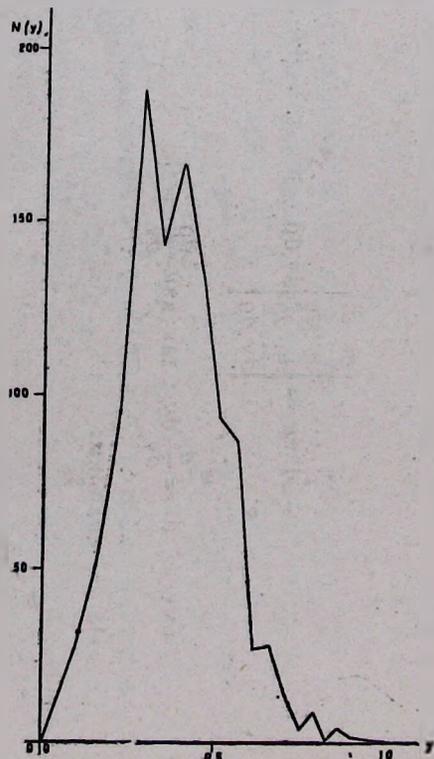


Рис. 2.

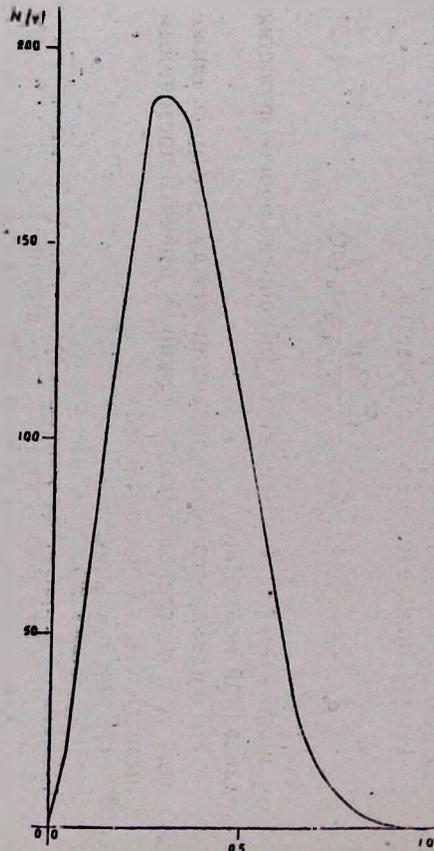


Рис. 3.

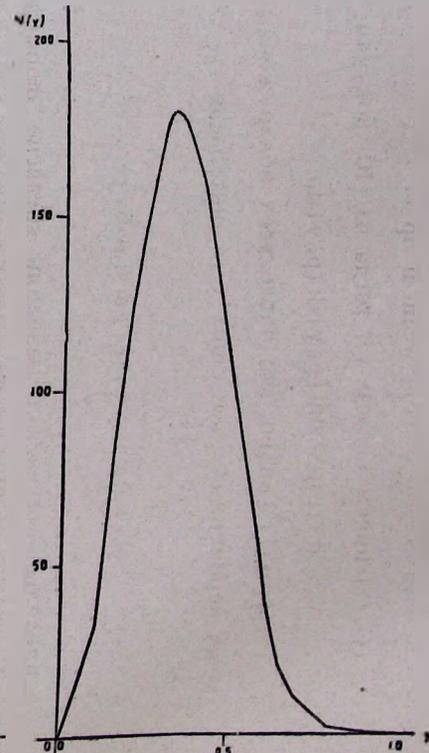


Рис. 4.

$$c f(p) p w \sin l \, dl \, dp \quad (10)$$

Из (1) имеем $l = l(p, y)$, тогда из (10) получим:

$$c f(p) p w \sin l(p, y) \, dl(p, y) \, dp. \quad (11')$$

Из (1) и (11') видно, что число всех обнаруженных затменных переменных, имеющих y в интервале $(y, y + dy)$, будет

$$N(y) dy = c \int_y^1 f(p) p w \sin l \, dl \, dp, \quad (11)$$

где пределы интеграла определили согласно формуле (1): при $l = 0$, $p = 1$, при $l = 90^\circ$, $p = y$.

Из [4] приблизительно получается

$$w = 2D(1 - 2D) \frac{(0.7A)^2}{1 + (0.7A)^2} \cdot f_0(m), \quad (12)$$

где принимаем $p = 1$ (период), а $f_0(m)$ определенная функция от звездной величины.

Мы видели, что нет корреляции между A и p , а также между A и y , следовательно, можно A принять постоянным и вывести его из-под интеграла.

Из (12) получим:

$$w = c \arcsin y \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin y \right). \quad (13)$$

Согласно формуле

$$dl \, dp = \frac{\left| \frac{\partial l}{\partial y} \frac{\partial l}{\partial p} \right|}{\left| \frac{\partial p}{\partial y} \frac{\partial p}{\partial p} \right|} dy \, dp \quad (14)$$

$$\text{имеем } dl = \frac{\partial l}{\partial y} dy, \text{ так как } \frac{\partial p}{\partial y} = 0. \quad (15)$$

Из (1) находим:

$$\frac{\partial l}{\partial y} = \frac{y \sin^2 l}{\sin l \cos l (1 - y^2)} \quad (16)$$

а из (1), (15) и (16)

$$\sin l \, dl = \frac{(1 - p^2) y \, dy}{(1 - y^2)^{3/2} \sqrt{p^2 - y^2}} \quad (17)$$

Из (9а), (11), (13), (17) следует

$$H(y) = \int_y^1 \frac{\varphi(p) \, dp}{\sqrt{p^2 - y^2}} \quad (18)$$

где обозначены

$$\varphi(p) = f(p) (p - p^3) \quad (19)$$

$$H(y) = c_1 \frac{(1 - y^2)^{1/2} e^{-\frac{(y - 0.23)^2}{0.6}}}{\arcsin y \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin y \right)} \quad (20)$$

Из (18), (19) и (20) получим:

$$f(p) = c \frac{1}{1 - p^3} \times \\ \times \frac{d}{dp} \int_0^1 \frac{y (1 - y^2)^{1/2} e^{-\frac{(y - 0.23)^2}{0.6}} \, dy}{\arcsin y \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin y \right) \sqrt{y^2 - p^2}} \quad (21)$$

Легко видеть, что в подынтегральном выражении главное значение имеют те значения y , которые близки к p , поэтому можем написать:

$$\int_0^1 \frac{y (1 - y^2)^{1/2} e^{-\frac{(y - 0.23)^2}{0.6}} \, dy}{\arcsin y \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin y \right) \sqrt{y^2 - p^2}} \approx$$

$$\approx \int_p^{p+\Delta p} \frac{y(1-y^2)^{1/2} e^{-\frac{(y-0.23)^2}{0.06}} dy}{\arcsin y \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin y\right) \sqrt{y^2 - p^2}} \approx \frac{c_2 p (1-p^2)^{1/2} e^{-\frac{(p-0.23)^2}{0.06}}}{\arcsin p \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p\right) \sqrt{p}}, \quad (22)$$

где Δp — очень малая величина, c_2 — постоянная величина.
Из (21) и (22) получим:

$$f(p) = \frac{ce^{-\frac{(p-0.23)^2}{0.06}}}{(1-p^2)} \left[\frac{p^{1/2} (1-p^2) \left(1 - \frac{4}{\pi} \arcsin p\right)}{\arcsin p \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p\right)} \right] - ce^{-\frac{(p-0.23)^2}{0.06}} \times \frac{\left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p\right) \arcsin p}{(1-p^2)^{1/2} \left[\arcsin p \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p\right)\right]^2} \times \frac{\left[\frac{1}{2} p^{-1/2} - 3.5 p^{1/2} - 33.3 \sqrt{p} (1-p^2) (p-0.23)\right]}{(1-p^2)^{1/2} \left[\arcsin p \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p\right)\right]^2} \quad (23)$$

По формуле (23) мы вычисляли таблицу 6 и составили график 5.

Таблица 6

p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.00
cf(p)	-3.67	-1.2	4.15	5.38	3.71	1.82	0.59	0.13	0.022	0.00

Теперь, если в интегральном уравнении вместо формулы (9a) взять формулу (9б), то вместо (23) будем иметь:

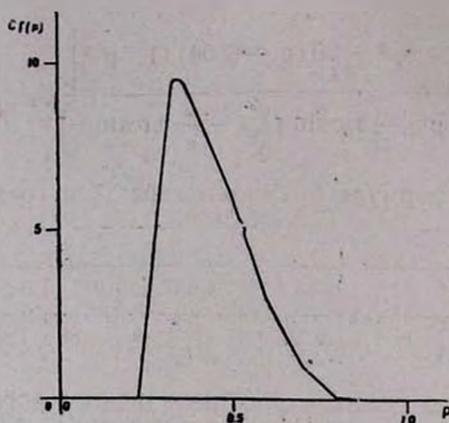


Рис. 5.

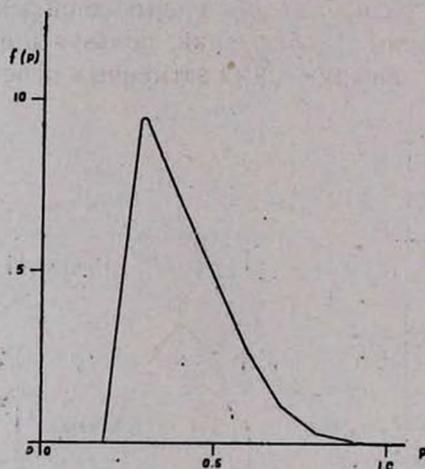


Рис. 6.

$$f(p) = ce^{-\frac{(p-0.04)^2}{0.1}} \frac{p^{1/2} \left(1 - \frac{4}{\pi} \operatorname{arcsin} p \right)}{\left[\operatorname{arcsin} p \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arcsin} p \right) \right]^2}$$

$$- ce^{-\frac{(p-0.04)^2}{0.1}} \frac{\operatorname{arcsin} p \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arcsin} p \right)}{(1-p^2)^{1/2} \left[\operatorname{arcsin} p \left(1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arcsin} p \right) \right]^2} \times$$

$$\times \frac{\left[1 - 4p^2 - 20(p - 0.04)(1-p)^2 \right]}{(1-p^2)^{1/2} \left[\arcsin \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p \right) \right]^2} \quad (24)$$

По этой формуле получены табл. 7 и график 6.

Таблица 7

p	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$c_1 f(p)$	-7.11	1.27	9.38	7.12	4.88	2.58	1.05	0.32	0.09

4. ФУНКЦИЯ $f(p)$ ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ ПО НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ОПРЕДЕЛЕНИЯМ ЗНАЧЕНИЙ p

Функцию распределения тесных двойных по p можно получить из данных наблюдений, пользуясь функцией распределения тех обнаруженных затменных переменных непо-

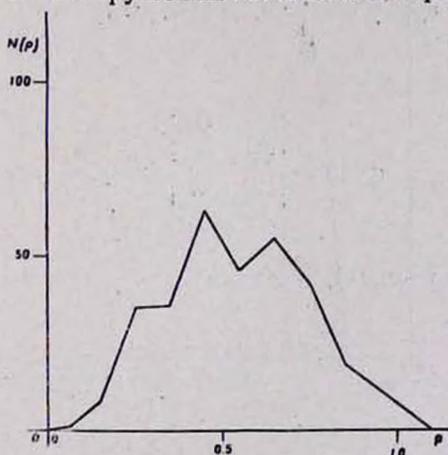


Рис. 7.

средственно по p , для которых известны элементы орбиты.

Из данных каталога Казанской обсерватории, для обнаружения затменных переменных, получены табл. 8 и график 7, где N —число звезд.

Таблица 8

P	0.00—0.10	0.11—0.20	0.21—0.30	0.31—0.40	0.41—0.50
N(p)	1	8	35	36	63
P	0.51—0.60	0.61—0.70	0.71—0.80	0.81—0.90	0.91—1.0
N(p)	46	55	42	19	4

Рассуждая таким же образом, каким рассуждали при выводе формулы (11), получим уравнение (25), откуда легко определяется функция распределения тесных двойных по p .

$$N(p) dp = c \int_0^p \sin l \, dl \, f(p) p \, dy. \quad (25)$$

Имеем:

$$dy \, dl = \begin{vmatrix} \frac{\partial y}{\partial y} & \frac{\partial y}{\partial p} \\ \frac{\partial l}{\partial y} & \frac{\partial l}{\partial p} \end{vmatrix} dp \, dy,$$

откуда, пользуясь (1), получим:

$$dl = \frac{\partial l}{\partial p} dp = - \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial p}(l, p) dp}{\frac{\partial \varphi}{\partial l}} = - \frac{p dp}{(y^2 - 1) \sin l \cos l}. \quad (26)$$

Из (1), (25) и (26) получим:

$$N(p) = c f(p) p^2 \int_0^p \frac{\left[\arcsin y \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin y \right) \right] dy}{\sqrt{1-p^2} \sqrt{p^2-y^2}}. \quad (27)$$

Учитывая, что главное значение подынтегральной величины получается при $y = p$, получим:

$$N(p) = c f(p) p^2 \frac{\arcsin p \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p \right)}{\sqrt{1-p^2}} \int_{p-\Delta p}^p \frac{dy}{\sqrt{p^2-y^2}},$$

откуда

$$f(p) = c_2 \frac{N(p) \sqrt{1-p^2} \sqrt{p}}{p^2 \arcsin p \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin p \right)}. \quad (28)$$

Пользуясь формулой (28) и табл. 8 для функции $f(p)$ получаем табл. 9 и график 8.

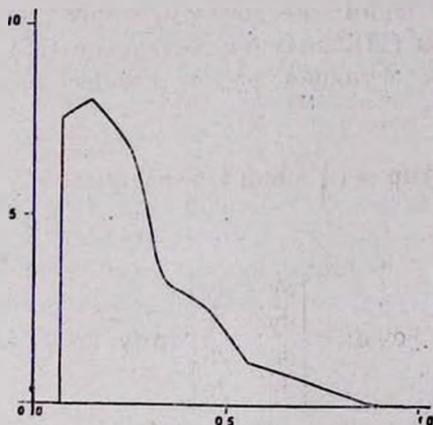


Рис. 8.

Таблица 9

p	0.07	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
cf(p)	7.46	8.00	6.72	3.20	2.54	1.16	0.84	0.40	0.12	0.01

Как видно, графики 5, 6, 8, полученные для функции $f(p)$, в общем похожи друг на друга и показывают, что функция $f(p)$ в некотором интервале $0 \leq p \leq p_1$ равна нулю, в интервале $p_1 \leq p \leq p_{\max}$ возрастающая, а в интервале $p_{\max} \leq p \leq 1$ — убывающая. Причем p_1 и p_{\max} на разных графиках имеют разные значения. Эти различия между первыми двумя

случаями малы и объясняются тем, что виды интерполяционных функций и u_{\max} были взяты разные, а в третьем случае наряду с другими причинами объясняется и тем, что в данные для $N(p)$ не вошла часть звезд, входящая в $N(y)$.

Исходя из этих трех графиков, функцию $f(p)$ для тесных пар можно представить в виде:

$$f(p) = c(p - 0.05) e^{-\frac{(p - 0.05)^2}{0.1}} \quad (p > 0.05), \quad (29)$$

$$f(p) = 0 \quad (p < 0.05).$$

Возрастающая часть этой функции, где $a_1 + a_2$ значительно меньше, чем a , представляет собой закон Эпика, который выражается формулой:

$$dN = c \frac{da}{a},$$

а убывающая часть этой функции противоречит закону Эпика и говорит о том, что функция распределения очень тесных двойных по расстояниям между компонентами выражается законом, резко отличающимся от закона Эпика. Об этой функции речь будет идти в следующий раз.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория АН АрмССР

Ռ. Հ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

ՆԵՂ ԿՐԿՆԱԿԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ԲԱՇԽՄԱՆ ՅՈՒՆԿՅԻԱՆ, ԸՍՏ ՆՐԱՆՑ
ԿՈՄՊՈՆԵՆՏՆԵՐԻ ՀԱՐԱՔԵՐԱԿԱՆ ՇԱՌԱՎԻՂՆԵՐԻ ԳՈՒՄԱՐԻ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Վիզուալ կրկնակի աստղերի համար վիճակագրական տվյալներից ըստ նրանց ֆիզիկական էլեմենտների և օրրիտի էլեմենտների ստացված են մի շարք օրինաչափություններ: Այսպես, օրինակ, այդ աստղերի համար ստացված են բաշխման ֆունկցիաներ ըստ կոմպոնենտների միջև եղած հեռավորությունների, ըստ կոմպոնենտների աստղալին մեծությունների տարբերությունների և այլն:

Այդ ֆունկցիաները նեղ կրկնակի աստղերի համար դեռ չեն ստացված: Նրանց արտածումը կապված է որոշ դժվարությունների հետ, քանի որ նեղ կրկնակի աստղերի համար դիտումներից ստացված բաշխման այդ ֆունկցիաները, դիտողական տվյալների ընտրողականության հետևանքով, չեն տալիս իրական բաշխման ֆունկցիաները:

Մենք առաջին անգամ փորձ ենք կատարում նեղ կրկնակի աստղերի վիճակագրական տվյալների հիման վրա, օգտվելով հավանականությունների տեսությունից, արտածել այդ աստղերի բաշխման ֆունկցիան, ըստ նրանց կոմպոնենտների հարաբերական շառավիղների գումարի (ρ): Հարաբերական շառավիղի ասելով հասկանում ենք կոմպոնենտի շառավիղի հարաբերությունը կոմպոնենտների միջև եղած հեռավորությունը:

Մեր կողմից ստացված այդ ֆունկցիան ρ -ի փոքր արժեքների դեպքում նվազող է, ρ -ի որոշակի արժեքի դեպքում նա դառնում է մաքսիմում, ապա սկսում է նվազել և $\rho = 1$ դեպքում նա ձգտում է զերոյի:

Ֆունկցիայի առաջին աճող մասը իրենից ներկայացնում է էպիկի օրենքը, իսկ երկրորդ մասը ցույց է տալիս, որ շատ նեղ կրկնակի աստղերի բաշխման ֆունկցիան, ըստ կոմպոնենտների միջև եղած հեռավորությունների, հակասում է էպիկի օրենքին:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, К статистике двойных звезд А. Ж., 14, 3, 1937.
2. Tartu Observatory Publ., 25, 1924.
3. Р. А. Саакян, Функция распределения двойных звезд по разностям звездных величин компонент, полученная из статистических данных. Доклады АН АрмССР, XIX, 5, 1954.
4. Р. А. Саакян, Вероятность открытия затменных переменных. Сообщение Бюраканской обсерватории, X, 1952.
5. М. С. Зверев, В. П. Цесевич, и другие. «Методы изучения переменных звезд». 1947.
6. Д. О. Шеголев, О гсометрической вероятности открытия переменных звезд типа Алголя, А. Ж. 8, 214, 1931.

