

АСТРОФИЗИКА

Л. В. Мирзоян

О статистике направлений радиусов-векторов,  
 соединяющих компоненты двойных звезд

(Представлено В. А. Амбарцумяном 19 I 1948)

Вопрос о распределении состояний спутников двойных звезд в фазовом пространстве невозможно решить, не зная относительные координаты и пространственные скорости всех спутников двойных звезд по отношению к соответствующим главным звездам для какого-нибудь момента времени. Между тем скорости спутников нам известны для очень ограниченного числа пар.

Поэтому, если только мы хотим охватить большое число пар, приходится ограничиться изучением распределения лишь относительных пространственных координат спутников. Иными словами, можно поставить вопрос о том пространственном распределении спутников, которое получится, если все главные звезды совместить в одной точке.

При этом плотность распределения будет функцией расстояния и угловых координат. Зависимость этой плотности от расстояния до главной звезды была изучена В. А. Амбарцумяном <sup>(1)</sup> и другими <sup>(2)</sup>.

Здесь же мы поставили задачу рассмотреть распределение по угловым координатам (для всех расстояний сразу). При этом следует принять во внимание, что мы на самом деле наблюдаем только проекции радиусов-векторов на небесную сферу и, следовательно, проекции их направлений.

Предположим, что по пространственным направлениям спутники распределены равномерно, т. е. плотность их зависит только от расстояния до главной звезды. При таком предположении распределение спутников по направлениям их проекций на небесную сферу в любой части последней опять должно быть равномерным.

Обратно, если наблюдательные данные показывают, что для каждого отдельного участка неба распределение спутников находящихся в нем двойных звезд, в проекции на небесную сферу равномерное, то это доказывает равномерное распределение спутников по направлениям в пространстве.

Целью настоящей работы являлась проверка предположения

о равномерном распределении спутников по направлениям на имеющемся наблюдательном материале.

При этом целесообразно разбить небо на отдельные, по возможности малые, площадки и для каждой площадки в отдельности составить диаграмму распределения спутников по направлениям, аналогичную диаграмме Каптейна для собственных движений. Каждая такая диаграмма даст нам распределение проекций радиусов векторов на плоскость, касательную в этом участке к небесной сфере. В случае независимости пространственного распределения плотностей от угловых координат мы должны получить для всех участков неба круговые диаграммы.

Нами использованы данные из каталога Aitken'a<sup>(3)</sup>, охватывающего северное полушарие полностью и южное полушарие до  $\delta = -30^\circ$  ( $\delta$  — склонение).

Эта часть небесной сферы была разделена на 36 площадок: пояса от  $\delta = -30^\circ$  до  $\delta = 0^\circ$  и от  $\delta = 0^\circ$  до  $\delta = +30^\circ$  были разбиты на площадки шириной в  $2^h$  по прямому восхождению ( $0^h - 2^h, 2^h - 4^h \dots 22^h - 24^h$ ). Получилось 24 площадки. Далее пояс от  $\delta = +30^\circ$  до  $\delta = +60^\circ$  был разбит на площадки шириной в  $3^h$  по прямому восхождению ( $0^h - 3^h, 3^h - 6^h, \dots, 21^h - 24^h$ ). Получилось 8 таких площадок и, наконец, полярная шапка от  $\delta = +60^\circ$  до северного полюса была разбита на четыре площадки шириной в  $6^h$  по прямому восхождению ( $0^h - 6^h, 6^h - 12^h, \dots, 18^h - 24^h$ ).

Для каждой площадки были рассмотрены углы положения  $\vartheta$  (угол, составленный радиус-вектором главная звезда-спутник с проходящим через главную звезду часовым кругом) наблюдаемых в нем двойных звезд.

Интервал значений  $\vartheta$  от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  был разделен на 24 части по  $15^\circ$ . ( $0^\circ - 15^\circ, 15^\circ - 30^\circ, \dots, 345^\circ - 360^\circ$ ). Для каждой площадки было сосчитано число  $n$  звезд, углы положения которых относительно часового круга, проходящего через центр площадки, находятся в каждой из этих 24 частей. При этом мы по возможности стремились пользоваться данными о значениях  $\Theta$  для 1920.0 года. Для исключения (по возможности) оптических пар, мы при наличии нескольких спутников брали угол положения для пары с наименьшим угловым расстоянием. Чтобы избежать громоздких вычислений для всех площадок, кроме площадок полярной шапки, углы положения взяты прямо из каталога, т. е. часовые круги приняты параллельными. Для близполюсных же площадок для каждой пары вычислены величины

$$\varphi = \vartheta - \alpha$$

(где  $\vartheta$  — угол положения пары по каталогу, а  $\alpha$  — прямое восхождение), и изучалось распределение  $\varphi$ . Таким образом вносилась поправка за непараллельность часовых кругов.

По полученным данным было вычислено для каждой площадки

среднее число звезд в каждом интервале ( $0^{\circ}-15^{\circ}$ ,  $15^{\circ}-30^{\circ}$ , . . . . ,  $345^{\circ}-360^{\circ}$ )  $\bar{n} = \frac{N}{24}$  (где  $N$ —число находящихся в площадке пар),  $\bar{n}^2$  и среднее значение квадрата  $\bar{n}^2$ .

Естественно, что получающиеся диаграммы не имеют точной круговой формы. Однако, возникает вопрос, являются ли эти отклонения от круговой формы результатом лишь случайных флюктуаций, или они являются следствием действительно неравномерного распределения спутников по направлениям.

Если распределение является круговым, и наблюдаемые отклонения  $n-\bar{n}$  объясняются случайными флюктуациями, то должен быть справедлив биномиальный закон распределения вероятностей, по которому в данном частном случае должно соблюдаться условие (4):

$$\sigma^2 = \bar{n}^2 - \bar{n}^2 = \frac{23}{24} \bar{n}$$

Результаты вычислений для всех 36 площадок приведены в следующей таблице.

№ площ.	Координаты центра площадки		Общее число звезд N	$\bar{n}$	$\bar{n}^2$	$\sqrt{\frac{23}{24} \bar{n}}$	$\sigma = \sqrt{\bar{n}^2 - \bar{n}^2}$
	$\delta$	$\alpha$					
1	$-15^{\circ}$	$1^h$	223	9,54	99,28	3,02	2,89
2	$-15^{\circ}$	$3^h$	252	10,50	119,33	3,17	3,01
3	$-15^{\circ}$	$5^h$	405	16,88	312,38	4,02	5,25
4	$-15^{\circ}$	$7^h$	632	26,33	724,50	5,02	5,59
5	$-15^{\circ}$	$9^h$	364	15,17	243,00	3,81	3,59
6	$-15^{\circ}$	$11^h$	222	9,25	83,00	2,97	2,73
7	$-15^{\circ}$	$13^h$	203	8,46	83,46	2,85	3,45
8	$-15^{\circ}$	$15^h$	256	10,67	120,83	3,19	2,64
9	$-15^{\circ}$	$17^h$	349	14,54	225,12	3,68	3,70
10	$-15^{\circ}$	$19^h$	466	19,42	394,50	4,31	4,18
11	$-15^{\circ}$	$21^h$	287	11,96	155,62	3,38	3,55
12	$-15^{\circ}$	$23^h$	224	9,33	98,83	2,99	3,43
13	$+15^{\circ}$	$1^h$	368	15,33	246,17	3,83	3,34
14	$+15^{\circ}$	$3^h$	322	13,42	194,08	3,58	3,75
15	$+15^{\circ}$	$5^h$	506	21,08	462,25	4,49	4,23
16	$+15^{\circ}$	$7^h$	763	31,79	1052,20	5,52	6,45
17	$+15^{\circ}$	$9^h$	346	14,42	225,50	3,72	4,19
18	$+15^{\circ}$	$11^h$	240	10,00	106,65	3,09	2,58
19	$+15^{\circ}$	$13^h$	227	9,46	93,54	3,02	2,02
20	$+15^{\circ}$	$15^h$	249	10,04	120,79	3,12	4,47
21	$+15^{\circ}$	$17^h$	345	14,46	317,29	3,72	2,86

№ площ.	Координаты центра площадки		Общее число звезд N	$\bar{n}$	$\bar{n}^2$	$\sqrt{\frac{23-n}{24}}$	$\sigma = \sqrt{\bar{n}^2 - n}$
	$\delta$	$\alpha$					
22	+15°	19 <sup>h</sup>	914	38,08	1496,33	6,04	6,80
23	+15°	21 <sup>h</sup>	687	28,62	846,54	5,24	5,21
24	+15°	23 <sup>h</sup>	364	15,17	247,75	3,81	4,20
25	+45°	1 <sup>h</sup> . 30	1073	44,72	2037,54	6,55	6,14
26	+45°	4 <sup>h</sup> . 30	883	36,79	1381,71	5,94	5,31
27	+45°	7 <sup>h</sup> . 30	589	24,54	621,62	4,85	4,41
28	+45°	10 <sup>h</sup> . 30	365	15,20	243,38	3,82	3,51
29	+45°	13 <sup>h</sup> . 30	310	12,92	172,50	3,52	2,13
30	+45°	16 <sup>h</sup> . 30	440	18,33	365,83	4,19	5,46
31	+45°	19 <sup>h</sup> . 30	1356	56,50	3239,08	7,36	6,84
32	+45°	22 <sup>h</sup> . 30	1273	53,04	2862,87	7,13	7,04
33	+75°	3 <sup>h</sup>	586	24,42	617,66	4,84	4,62
34	+75°	9 <sup>h</sup>	256	10,67	129,83	3,19	4,00
35	+75°	15 <sup>h</sup>	218	9,08	96,92	2,94	3,80
36	+75°	21 <sup>h</sup>	609	25,38	665,46	4,93	4,64

Мы видим, что почти во всех случаях величина  $\sqrt{\frac{23-n}{24}}$  и наблюдаемое среднее квадратичное отклонение весьма близки друг к другу.

Таким образом, наблюдательный материал полностью подтверждает справедливость нашего предположения о равномерном распределении спутников по направлениям в пространстве.

Еще в 1936 году В. А. Амбарцумяном было доказано<sup>(1)</sup>, что при любом распределении энергий двойных звезд, при условии лишь, что фазовая плотность не зависит от других элементов кроме энергии (большой полуоси пары), число всех двойных звезд с эксцентриситетами, меньшими чем  $\varepsilon_0$ , должно быть пропорционально  $\varepsilon_0^3$ .

То обстоятельство, что по наблюдениям число пар с эксцентриситетами, меньшими чем  $\varepsilon_0$ , приблизительно пропорционально  $\varepsilon_0^2$ , делает вероятным предположение, что реальная фазовая плотность действительно зависит только от энергии пары.

Настоящая работа является вторым подтверждением этого допущения статистики двойных звезд, так как если фазовая плотность (плотность спутников в фазовом пространстве) есть функция от полной энергии и только от этой величины, то распределение спутников по направлениям в пространстве должно быть равномерно. А мы видели, что оно на самом деле равномерно с точностью до величин малых по сравнению со случайными флюктуациями.

Это означает вместе с тем, что согласно статистике данных каталога Aitken'a все ориентации орбит в пространстве одинаково вероятны.

Бюраканская Астрофизическая Обсерватория  
Академии Наук Армянской ССР  
Ереван, 1947, декабрь.

#### Լ. Վ. ՄԻՐՉՈՅԱՆ

### Կրկնակի աստղերի կոմպոնենտների միացնող շառավիղ վեկտորների ուղղությունների ստատիստիկայի մուտք

Ուսումնասիրության է ենթարկված կրկնակի աստղերի արբանյակների բաշխումը ըստ ուղղությունների տարածության մեջ, երբ բոլոր դիտվող աստղերը համատեղված են մի տեղում:

Ենթադրել ենք, որ այդ բաշխումն ըստ ուղղությունների տարածության մեջ և, հետևաբար, նրա տարբեր պրոեկցիաներում երկնային սֆերայի վրա հավասարաչափ է: Aitken-ի կատալոգի դիտողական տվյալների հիման վրա ստուգված է այդ ենթադրության իրավացիությունը:

Երկնային սֆերայի՝ կատալոգում ընդգրկված մասը (ամբողջ նյութսային կիսագունդը և հարավայինը՝ մինչև  $\delta = 30^\circ$ ) բաժանվել է 36 մասի և յուրաքանչյուր մասի համար առանձին կազմվել է նրանում գտնվող կրկնակի աստղերի արբանյակների՝ ըստ ուղղությունների բաշխման դիագրամա, աստղերի սեփական շարժումների համար հապտենի կազմած դիագրամաների օրինակով: Յուրաքանչյուր դիագրամա ցույց է տալիս կրկնակի աստղերի կոմպոնենտները միացնող շառավիղ-վեկտորների բաշխումն ըստ ուղղությունների՝ երկնային սֆերայի համապատասխան մասում նրան շոշափող հարթության վրա:

Պարզված է, որ ստացված բոլոր դիագրամաներում շեղումները ճշգրիտ շրջանային ձևից հետևանք են ոչ թե իրականում դոյություն ունեցող արբանյակների ըստ ուղղությունների անհավասարաչափ բաշխման, այլ միայն պատահական ֆլուկտուացիաների:

Այսպիսով ապացուցված է, որ եղած դիտողական տվյալներն ամբողջովին հաստատում են կրկնակի աստղերի արբանյակների՝ տարածության մեջ ըստ ուղղությունների հավասարաչափ բաշխման մասին արված ենթադրության իրավացիությունը: Իսկ վերջինից բխում է, որ այս ուսումնասիրությունը հաստատում է Վ. Ն. Համբարձումյանի այն հայտնի ենթադրությունը, որի համաձայն արբանյակների ռեալ ֆազային խտությունը (խտությունը ֆազային տարածության մեջ) իրոք կախված է միայն դույզի էներգիայից:

Միաժամանակ այս ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ համաձայն դիտողական տվյալների, դույզերի օրբիտների բոլոր կողմնորոշումները տարածության մեջ հավասարապես հավանական են:

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Амбарцумян. Астрономический журнал, 14, 3, 1937.
2. Tartu Observatory Publications, 25, 1924.
3. R. G. Aitken. New General Catalogue of Double Stars. Washington, 1932.
4. В. Н. Гливенко. Курс теории вероятностей. 98. ГОНТИ, Москва-Ленинград, 1939.