

## ЗАСТЫВШИЕ ЗВЕЗДЫ И КРАТНЫЕ СИСТЕМЫ

О. Х. ГУСЕЙНОВ, Х. И. НОВРУЗОВА

Поступила 25 мая 1970

Пересмотрена 14 января 1971

Среди спектрально-двойных выбраны 13 систем, в которых невидимые компоненты более массивны. Если предположить, что невидимая звезда находится на главной последовательности, то оцененная по массе ее светимость в большинстве случаев оказывается больше светимости видимого компонента. Этот и другие факты наводят на мысль, что некоторые из приведенных двойных имеют вторым компонентом релятивистскую звезду.

Открытие пульсаров, наряду с указанием на перспективность поиска нейтронных звезд по их радиоизлучению, сильно укрепило веру в существование в Галактике большого количества нейтронных и застывших звезд (НИЗЗ). Оценка числа существующих в Галактике НИЗЗ уже в настоящее время необходима для решения многих вопросов звездной эволюции. Но, к сожалению, застывшие звезды не проявляют активности даже в начальной стадии их образования, которая наблюдается в случае нейтронных звезд. Поэтому наиболее вероятным способом обнаружения застывших звезд остается поиск их в кратных системах [1].

В работе [1] указывалось на перспективность поиска НИЗЗ среди спектрально-двойных систем с невидимыми и незатмевающими компонентами и были приведены конкретные пары, в которые могли входить релятивистские звезды. Эта работа была продолжена в [2] с использованием каталога [3]. Тримбл и Торн выделили 10 систем, в которых невидимые компоненты превосходят по массе главные ( $M_2 > M_1$ ), т. е. возможно наличие НИЗЗ. Мы провели тщательный поиск систем с невидимыми компонентами, удовлетворяющих условиям  $M_2 > M_1$ ,  $M_2 > 1.2 M_{\odot}$  и выделили 13 пар, которые приведены в

табл. 1. В таблице приведены номера звезд по каталогам Баттена и НД, названия звезд, экваториальные координаты, отнесенные к 1900 году, видимая и абсолютная звездные величины, а также спектральный класс видимой компоненты. Здесь же приведены величины, характеризующие орбитальное движение, т. е. период в днях, половина амплитуды периодического изменения скорости  $K_1$  в км/сек, произведение большой полуоси видимой компоненты на синус угла наклона в  $10^6$  км, эксцентриситет орбиты  $l$  и функция масс  $f(M)$ .

Известно, что массу невидимой компоненты можно определить, используя выражение

$$\frac{f(M)}{M_1} = \frac{(M_2/M_1)^3}{(1 + M_2/M_1)^2} \sin^3 i, \quad (1)$$

если знать массу видимой компоненты  $M_1$  и значение синуса угла наклона. Массу видимой компоненты определяли по зависимости спектр—масса для каждого класса светимости,  $\sin^3 i$  придавали значе-

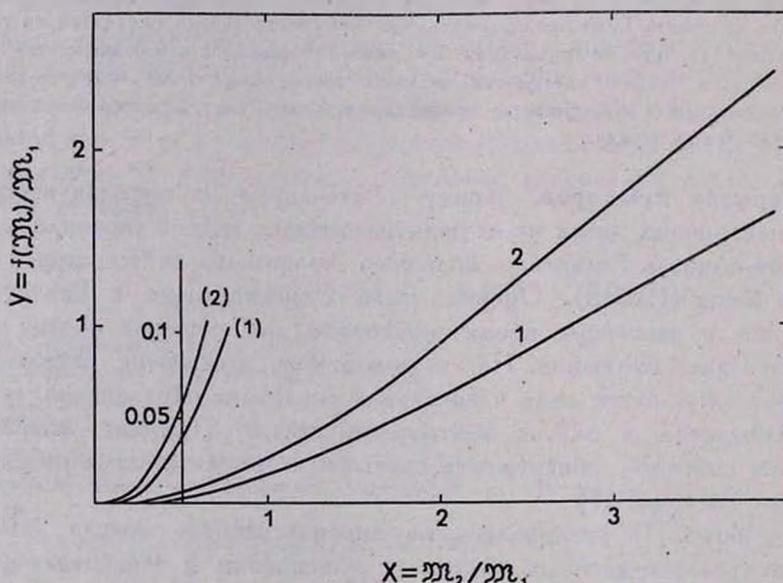


Рис. 1. Графическое решение уравнения (1). Кривая 1 относится к случаю  $\sin^3 i = 2/3$ , кривая 2 — к случаю  $\sin^3 i = 1$ . Для участка от 0 до 0.1 по оси  $y$ -ов взят масштаб в 10 раз больший. Эти кривые приведены в левой части рисунка.

ния  $2/3$  и  $1$ . В предположении  $\sin^3 i = 2/3$  находили среднее значение массы невидимой компоненты  $M_2$ , а при  $\sin^3 i = 1$  — наименьшее  $M_2$ . Уравнение (1) решали графически. Кривая 1 на рис. 1 относится к случаю  $\sin^3 i = 2/3$ , а кривая 2 — к случаю  $\sin^3 i = 1$ .

Из статистических исследований нам было известно, что невидимая компонента может превосходить по массе главную звезду, если только функция масс  $f(M) > 0.2$ , и поэтому мы оценили массы невидимых компонент только для систем с  $f(M) > 0.2$ . Звезд, удовлетворяющих условию  $M_2 > M_1$ , оказалось 22. В двух из этих систем, В 134 и В 240, получили  $M_2 > 1.2 M_{\odot}$ , поэтому эти системы опустили, так как в них невидимые компоненты могли быть белыми карликами.

После уточнения с помощью [4, 5] данных по остальным системам, следующие семь звезд—В 50, В 130, В 208, В 221, В 225, В 356, В 714 также пришлось отбросить.

Известно, что, зная видимую звездную величину и удаленность звезды от наблюдателя, можно определить абсолютную звездную величину и тем самым уточнить данные о спектре. Поэтому мы определяли расстояния до систем, приведенных в таблице, как по абсолютной звездной величине, найденной по спектру, так и по параллаксу и сравнивали их.

Для определения истинного расстояния  $r$  до звезды (с учетом межзвездного поглощения) имеем

$$\lg R = \lg r + \frac{a_v r}{1000} \quad (2)$$

$$m - M = -5 + 5 \lg r + \frac{a_v r}{1000}$$

Здесь  $R$  — расстояние без учета межзвездного поглощения,  $a_v$  — поглощение в видимой области на 1 *кпс*. Величины  $a_v$  в направлении звезд мы брали из [6—8], а расстояния  $r$  определяли, используя номограмму, приведенную в работе [9]. В табл. 1 (17 столбец) расстояния, определенные по указанному выше способу, написаны сверху, снизу написаны расстояния, найденные по параллаксу. Для тех звезд, расстояния до которых могли определять по параллаксу, под абсолютными звездными величинами, найденными по спектру, записаны также и абсолютные величины, найденные из второго уравнения [2].

Возможность оптического разрешения звезд двойной системы зависит от расстояния между ее компонентами. С целью выявления такой возможности из выражений

$$a_1 \sin i = 0.137 (1 - e^2)^{1/2} P K_1, \quad (3)$$

$$a_1 + a_2 = [P^2 (M_1 + M_2)]^{1/3} \quad (4)$$

Таблица 1

№	ИД звезда	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$m$	Sp <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	P дни
1	2	3	4	5	6	7	8
1 В 127	28052 71 Tau	04 <sup>h</sup> 20. <sup>m</sup> 6	+15°23'	4.51	F0V	+2. <sup>m</sup> 8 +1.5	5200
2 В 141	30353 KS Per	04 41.8	+43 06	7.7	A0 II A5 Ia	-3.0 -7.0	360
3 В 145	31109 $\omega$ Eri	04 48.0	-05 37	4.39	A9 IV	+2.1 +1.3	3057
4 В 155	33232	05 03.7	+40 53	8.1	B3e V B3e III	-1.7 -3.2	3710
5 В 189	37507 49 Ori	05 34.0	-07 16	4.81	A4 IV	+1.1 +1.9	446
6 В 232	56986 $\eta$ Gem	07 14.2	+22 10	3.52	F0 IV	+2.2 +2.2	2239
7 В 257	64511 U Gem	07 49.2	+22 16	8.9-14	Be IV		0.174
8 В 343	104321 $\pi$ Vir	11 55.7	+07 10	4.67	A4 V	+1.8 +1.3	283
9 В 367	110951 32 Vir	12 40.6	+08 13	5.17	A <sub>m</sub>	+1.8	38.3
10 В 508	168339 $\zeta$ Pav	18 14.0	-61 33	4.36	K2 III	+0.8 +0.4	2214
11 В 576	187399	19 44.7	+29 10	7.7	A0 III	-0.4	28
12 В 615	193928	20 17.8	+36 36	9.4	WN6		21.6
13 В 655	205767 $\zeta$ Agr	21 32.4	-08 18	4.69	A7 V A7 IV	+2.4 +0.7 +0.7	8016

определили  $a_1 \sin i$  (верхние цифры в 10 столбце) и  $a_1 + a_2$  (нижние цифры в 10 столбце). Оказалось, что самым большим угловым расстоянием между компонентами—0"025 обладает система В 232. Такое угловое расстояние слишком мало и поэтому приведенные в таблице системы оптически неразрешимы.

Сравнение значений  $a_1 \sin i$  и  $a_1 + a_2$  для каждой системы позволяет судить и о значении  $\sin i$ . Как видно из таблицы, отношение  $a_1 \sin i / (a_1 + a_2)$  имеет наименьшее значение (0.4) в случае системы В 343 и наибольшее (0.6) для В 232. Таким образом, хотя в среднем найденные нами массы вторых компонент правильны, но все же они в некоторых случаях занижены. Так для системы В 343 вероятно  $\sin^3 i \sim 0.35$ , а не 2/3, поэтому масса второго компонента больше найденной нами.

Таблица 1 (продолжение)

$K_1$ км/сек	$a_1 \sin i$ $10^3$ км	$e$	$f(\Sigma)$	$\Sigma X_1$	$\Sigma X_2$	$\Sigma X_2'$	$\bar{0}''$	$r$ пс	$Sp_2$	$M_2$
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
15.1	898 1620	0.241	1.7	1.6	4.6	3.5		22.5 41.7	B8V	-0. <sup>m</sup> 1
51.4	210 390	0.28	4.41	5 12	12.6 18	9.9 14.8		4000	B3V A1Ia	-1.7 -7.0
18.1	583 1100	0.46	1.318	1.7	3.9	3.1		29.5 43.5	B9V	+0.3
31.5	1340 2360	0.31	10.4	9.5 11	27.7	21.4		1500 3500	O8V	-5.5
28.6	126 306	0.549	0.635	2.3	3.3	2.4		53 38.5	A2V	+1.4
27.1	670 1120	0.353	3.8	1.8	9.4	6.3		17.6 17.9	B5V	-1.0
266	0.525 1.24	0.05	0.33	1.2	1.3	1.1			G0V	+4.6
26.2	84.5 211	0.265	0.473	2.1	2.5	1.9		40 50	A5V	+2.0
48.1	21.8 54.2	0.074	0.438	2	2.3	1.9		50	A5V	+2.0
17.9	455 1040	0.264	1.188	3.7	5.2	4.2		55 66.7	B7V	-0.3
105	32.2 61.4	0.35	2.72	3.5	8.1	6.4		460	B5V	-1.0
130	33.4 57.8	0.0	4.94	10	17.5	14.4			B1V	-3.4
11.3	900 1920 1920	0.544	0.711	1.7 2.8	2.7 3.5	2.2 2.8		30 66.7	A4V A0V	+1.9 -0.7

Обычно звезды главной последовательности имеют несколько меньшую светимость, чем звезды других классов светимости, имеющие ту же массу. Поэтому невидимость второй компоненты часто может объясняться именно этим. Исходя из этого, в 18 столбце нами приведены спектральный класс, соответствующий минимальным массам невидимых компонент  $\Sigma X_2'$  в предположении, что они находятся на главной последовательности, а в 19 столбце — их светимости. Сравнение 7 и 19 столбцов таблицы показывает, что даже минимальные возможные светимости невидимых компонент в предположении, что они находятся на главной последовательности часто больше светимостей видимых.

Если можно объяснять невидимость массивных компонент только малой светимостью, то такие же системы должны встречаться и среди затменных звезд. Однако такие системы в каталогах [3, 5] отсутствуют. С другой стороны, предположение о двойственности самой невидимой компоненты [2] также не всегда объясняет ее малую светимость по сравнению с первой компонентой (например, В 127 и др.).

Дальнейшее теоретическое исследование приведенных систем затрудняется тем, что выводы в большой степени зависят от точности определения классов светимости и спектров звезд. Поэтому этой заметкой мы желаем привлечь внимание наблюдателей к данным системам.

В заключение благодарим Я. Б. Зельдовича, И. М. Копылова, О. А. Мельникова, М. А. Свечникова за интерес к работе и ценные советы.

Шемахинская астрофизическая  
обсерватория

## CONGEALED STARS AND MULTIPLE SYSTEMS

O. H. GUSEINOV, H. I. NOVUZOVA

Thirteen systems of spectroscopic binaries have been chosen with more massive invisible components. If the invisible component is a main-sequence star, luminosity estimated by the mass is greater than that of the general component in most cases. These facts give the possibility to suggest that some of the quoted binaries have a relativistic star as a secondary component.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ya. B. Zeldovich, O. H. Guseinov, *Ap. J.*, 144, 841, 1965.
2. L. V. Trimble, K. S. Thorne, *Ap. J.*, 156, 1013, 1969.
3. A. H. Batten, *Publ. Dom. astrophys. Obs.*, 8, 119, 1968.
4. C. Jaschek, H. Conde, *Amelia C. de Sierra, Catalogue of stellar spectra classified in the Morgan-Keenan system*, La Plata, 1964.
5. М. А. Свечников, Каталог орбитальных элементов, масс и светимостей тесных двойных звезд, Свердловск, 1969.
6. А. С. Шаров, *Астрон. ж.*, 40, 900, 1963.
7. О. А. Мельников, Г. Г. Лемауэр, К. Т. Стоякова, А. Н. Геращенко, *Изв. ГАО*, 24, 84, 1964.
8. П. П. Паренаго, *Астрон. ж.*, 22, 129, 1945.
9. М. Е. Набоков, *Астрон. ж.*, 24, 5, 1940.