

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 5

МАЙ, 1969

ВЫПУСК 2

МАССЫ ЦЕФЕИД

И. Н. ЛАТЫШЕВ

Поступила 18 марта 1968

Исправлена 27 декабря 1968

Массы цефеид с периодами блеска до 9^d заключены в пределах $4-10 M_{\odot}$. Массы цефеид, у которых $P > 9^d$, возможно, большие. Если считать, что у цефеид справедливо соотношение $P\sqrt{\rho} = \text{const}$, то цефеиды удовлетворяют зависимости масса—медианная светимость, аналогичной звездам верхней части главной последовательности. Если считать, что массы цефеид от периодов не зависят, то у цефеид степень концентрации массы к центру, по-видимому, возрастает с увеличением их периодов.

1. *Массы цефеид.* Наши сведения о массах цефеид неуверенные. Как правило, они определяются косвенными методами. Тем не менее, значения масс цефеид, полученные разными исследователями, довольно близки друг к другу. Согласно О. А. Мельникову [1], массы цефеид заключены в пределах от 2.1 до 8.0 масс Солнца. П. П. Паренаго [2] другим методом получил, что массы классических цефеид, в среднем, равны $6 M_{\odot}$. И. М. Копылов [3] считает, что массы цефеид вероятнее всего заключены в пределах $3.5-5.5 M_{\odot}$. Автор [4] оценил массу ηAql неравенством $7 M_{\odot} \leq M \leq 14 M_{\odot}$. Аналогичным методом (по ускорению вещества, падающего на звезду) было получено, что у δSer масса заключена в пределах $4-10 M_{\odot}$, а у $T Mon$ — в пределах $10-20 M_{\odot}$.

Известны несколько цефеид, являющиеся компонентами двойных систем. Сводку данных о наиболее изученных таких системах приводит Абт [5]. Она дана в табл. 1.

Во всех случаях цефеиды являются яркими компонентами систем, поэтому определены лишь функции масс. А так как цефеиды являются яркими компонентами, естественно сделать предположение, что их массы, M_1 , больше масс спутников, M_2 .

В случае S Sge, считая $M_1 = 2 M_2$, имеем $M_2 = 1.96 M_\odot$, а $M_1 = 3.9 M_\odot$. Если же считать $M_1 = 3 M_2$, то $M_2 = 3.5 M_\odot$, а $M_1 = 10.5 M_\odot$. Таким образом, как масса S Sge, так и масса ее спутника превышают солнечную. Эгген [6] считает, что спутник S Sge — звезда спектрального класса A. В таком случае массу S Sge можно оценить в пределах 4—10 $M_\odot$.

Таблица 1

№ п/п	Звезда	$P_{\text{блеска}}$	$P_{\text{орб.}}$	$\frac{M_2^3}{(M_1 + M_2)^2} \sin^3 i$
1	α U Mi	3 ^d 97	10 810 ^d	0.035 $M_\odot$
2	FF Aql	4.47	1 435	0.00617 $M_\odot$
3	S Sge	8.38	682	0.218 $M_\odot$

Для системы α U Mi по астрометрическим данным было получено [7]: $i = 58^\circ$. Тогда

$$\frac{M_2^3}{(M_1 + M_2)^2} = 0.060 M_\odot. \quad (1)$$

В этом случае при $M_1 = 2M_2$, $M_1 = 3M_2$ и $M_1 = 4M_2$ имеем, соответственно, $M_1 = 1.1M_\odot$, $M_1 = 2.9M_\odot$ и $M_1 = 6M_\odot$. Так как по разнообразным спектральным исследованиям α U Mi каких-либо признаков спутника не выявлено, то, по-видимому, $M_1 > 3M_2$, и масса α U Mi превышает солнечную в три раза или более. Для системы α U Mi Рёмер [8] допускает $i \ll 20^\circ$. Нам это представляется неверным, так как в этом случае было бы, что $f(M) > 0.7M_\odot$, и, как следствие этого, масса цефеиды была бы в несколько десятков, если не сотен раз, больше солнечной.

В случае FF Aql, считая $M_1 = 4M_2$, имеем $M_1 \sin^3 i = 0.77M_\odot$. В то же время величина a , полученная при определении радиуса FF Aql [9], оказалась больше, чем это следует для цефеиды данного периода, что может быть объяснено влиянием спутника на кривую блеска цефеиды. На наш взгляд, малое значение функции масс системы FF Aql, по-видимому, обусловлено малой величиной i .

Представляет также интерес затменная переменная VM Cas. В 1956 г. Тиссен [10] пришел к выводу, что более слабый компонент системы является цефеидой с периодом 27^d. Этот результат вызывает сомнения, в дальнейшем он никем не был подтвержден (правда, не был и опровергнут). Согласно Тиссену, масса цефеиды в системе VM Cas равна 14.3 $M_\odot$, а ее радиус равен 225.5 $R_\odot$. Цефеида T Mon.

имеет такой же период, как и предполагаемая цефеида в системе ВМ Сас. Приведенная выше оценка массы Т Моп находится в хорошем согласии с определением массы цефеиды в системе ВМ Сас. Радиус Т Моп равен $132 R_{\odot}$ [9], т. е. несколько меньше, чем у цефеиды в системе ВМ Сас. Но у Т Моп радиус несколько меньше, чем это следует из зависимости период — радиус. Если воспользоваться зависимостью период — радиус, приведенной в [9], для цефеиды с периодом 27^d получим: $R = 172 R_{\odot}$. Примерно такой же результат получится, если воспользуемся зависимостью период — радиус, приведенной в [11]: $R = 154 R_{\odot}$. Таким образом, хотя у цефеиды в системе ВМ Сас радиус несколько больше, чем средний радиус цефеид данного периода, он представляется правдоподобным. Как следствие всего изложенного, представляют интерес дальнейшие исследования переменной ВМ Сас для выяснения: действительно ли вторичный компонент этой системы является цефеидой.

2. *Зависимость масса—светимость у классических цефеид.* Зная зависимость период—радиус [11]

$$\lg R = 11.909 + 0.778 \lg P \quad (2)$$

и зависимость период—визуальная абсолютная звездная величина [12]

$$M_v = -1.25 - 2.96 \lg P, \quad (3)$$

можно (с точностью до нуля-пункта) получить зависимость масса—светимость для классических цефеид. Зависимость (3) с учетом болометрических поправок, которые приводит Крафт [13], приводится к виду

$$M_{bol} \propto 3.3 \lg P. \quad (4)$$

Такой же результат получил и Арп [14]. Воспользуемся также известным теоретическим соотношением

$$P \sqrt{\rho} = P \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{\frac{4}{3} \pi R^3}} = \text{const.} \quad (5)$$

Из соотношений (2) — (5) легко выводится:

$$L \propto \mathfrak{M}^{3.98 \pm 0.80}. \quad (6)$$

П. П. Паренаго [15] приводит зависимость масса—светимость для постоянных звезд

$$L \propto \mathfrak{M}^{3.92 \pm 0.17}. \quad (7)$$

Таким образом, наклон зависимости масса—светимость для цефеид оказался в точности таким же, как и для звезд постоянного блеска верхней части главной последовательности. Любопытно, что, если для определения нуль-пункта зависимости (6) использовать массу предполагаемой цефеиды в системе ВМ Саз, то и нуль-пункт зависимости масса—светимость для цефеид окажется практически одинаковым с нуль-пунктом аналогичной зависимости для звезд верхней части главной последовательности.

О. А. Мельников [1] и независимо от него П. П. Паренаго [2] пришли к выводу, что массы цефеид от периодов не зависят. На наш взгляд, если считать, что массы цефеид от периодов не зависят, то нельзя признать справедливым соотношение (5). Вместо него будем иметь

$$P\sqrt{\rho} = P \sqrt{\frac{\mathfrak{M}}{\frac{4}{3}\pi R^3}} = Q(P), \quad (8)$$

где $\mathfrak{M}_{\text{ср}}$ — средняя масса цефеид, а $Q(P)$ зависит от величины периода. Примем

$$\mathfrak{M}_{\text{ср}} = 7\mathfrak{M}_{\odot}. \quad (9)$$

Выразив в (8) ρ в единицах плотности Солнца, получим:

$$Q(P) = 0.0667 \cdot P^{-0.167}. \quad (10)$$

В частности, в случае $\eta \text{ Aql}$ $Q = 0.048$, а в случае SV Vul $Q = 0.035$. Формула (10) находится в согласии с результатами Хеллериха [16] и Копала [17].

В результате приходим к следующему выводу: если считать справедливым соотношение (5), то тогда надо считать, что цефеиды удовлетворяют соотношению масса—светимость вместе со звездами верхней части главной последовательности, а если считать, что массы цефеид не зависят от периодов, то пульсационная константа Q уменьшается с ростом периода.

О. А. Мельников [18] приводит обзор результатов определения величины Q . Оказалось, что с увеличением степени концентрации массы цефеиды к центру величина Q уменьшается. Если считать, что массы цефеид от периодов не зависят, это обстоятельство, как следует из (10), не противоречит утверждению, что с увеличением периодов цефеид у них увеличивается степень концентрации массы к центру.

THE MASSES OF CEPHEIDS

I. N. LATYSHEV

The masses of the classical cepheids with periods up to 9^d are in the interval $4-10 M_{\odot}$ and of those with $P > 9^d$ are probably larger. If one assumes that the relation $P\sqrt{P} = \text{const}$ holds, the cepheids obey the mass—median luminosity law found for the upper part of the main sequence. If the masses of the cepheids are independent of periods, the concentration of mass to the center of the star probably increases with the increase of the period.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. А. Мельников, Изв. ГАО, 17, 2, 47, 1948.
2. П. П. Паренато, ПЗ, 10, 193, 1955.
3. И. М. Копылов, Изв. КрАО, 33, 286, 1965.
4. И. Н. Латышев, Астрон. ж., 41, 666, 1964.
5. H. A. Abt, Ap. J., 880, 769, 1959.
6. O. J. Eggen, Ap. J., 113, 367, 1951.
7. A. A. Wyller, A. J., 62, 389, 1957.
8. E. Roemer, Ap. J., 141, 1415, 1965.
9. И. Н. Латышев, Астрофизика, 2, 355, 1966.
10. G. Thiessen, Z. Astrophys., 39, 65, 1956.
11. И. Н. Латышев, Астрон. цирк., 276, 1964.
12. И. Н. Латышев, Астрофизика, 4, 451, 1968.
13. R. P. Kraft, Ap. J., 134, 616, 1961.
14. H. Arp, Ap. J., 149, 91, 1967.
15. П. П. Паренато, Курс звездной астрономии, Гостехиздат, 1954.
16. J. Hellerich, Astr. Nachr., 268, 218, 1939.
17. Z. Kopal, M. N., 99, 38, 1939.
18. О. А. Мельников, ПЗ, 12, 320, 1960.