

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ МАССАМИ БЕЛЫХ КАРЛИКОВ И ИХ ПРАРОДИТЕЛЕЙ

Ф.К. КАСУМОВ, Х.И. НОВРУЗОВА, С.О. ТАГИЕВА

Институт Физики АН Азербайджана

370143, Баку, пр. Г. Джавида, 33

Используя все имеющиеся данные наблюдения по белым карликам в рассеянных скоплениях, построена новая зависимость между массами белых карликов и их прародителей. Особое внимание уделялось начальным и конечным значениям в крайних точках этой зависимости.

1. Введение

После выхода в свет первых работ по зависимости начальных – конечных масс белых карликов (БК), другими словами, переходной функции [1,2,3], появилось много замечательных работ на эту тему. Для молодого БК 0349+247 (LB 1497) в скоплении Плеяды с температурой 3200К была определена масса в $1M_{\odot}$ по гравитационному красному смещению [1, 4].

Используя данные по гравитационному красному смещению, в [5] найдено, что среднее значение для массы 35-ти БК галактического поля равна $0.63 M_{\odot}$, а пик числа звезд в распределении приходится на $0.55 M_{\odot}$. В этой работе заново оценены массы 24 БК, являющихся членами скопления Гиады, и получены для их средней массы значение примерно равное $0.69 M_{\odot}$.

В работе [6] оценены массы шести БК, локализованных в области ядра Гиад. Для 5-и из них массы оценены с очень маленькой неопределенностью. БК HZ24, VR7, VR 16, HZ27 и HZ14, согласно этой работе, имеют массы $0.62; 0.62; 0.65; 0.63$ и $0.62 M_{\odot}$ соответственно. Оцененные массы прародителей для этих БК лежат в пределах $2.49-2.95 M_{\odot}$ со средним значением $2.66 M_{\odot}$. Они успели остыть до температур $14500-27700$ К. БК с низкой температурой естественно имеют прародителями звезды больших масс, так как образовались ранее.

Массы двух БК в NGC2168 лежат в области $0.6-0.8 M_{\odot}$. Начальные массы их прародителей $M_{i} > 5 M_{\odot}$ [7]. Эти же авторы [8] позднее определили массы трех БК в рассеянном скоплении NGC3532 как $0.5; 0.9$ и $0.9 M_{\odot}$ с массами прародителей $M_{i} = 3.9; 4.1$ и $4.1 M_{\odot}$ соответственно. Ими были также определены массы трех других БК из NGC3532 как $0.6; 0.62$ и $0.92 M_{\odot}$ [9]. Оцененные массы прародителей этих БК были равны $3.72; 3.66$ и $5.74 M_{\odot}$. В таблице 1 приведены эти и некоторые другие дополнительные данные. Эти БК – тусклые звезды, т.к. их температуры малы и расстояния порядка 500 пс. Поэтому, естественно, имеется значительная погрешность в определении значений их масс.

Также отметим, что в работах [10, 11] были предложены новые значения для возраста Плеяд $1.2 \cdot 10^8$ лет, вместо более ранних оценок $7.7 \cdot 10^7$ лет [12]. Такие неопределенности в возрастах рассеянных скоплений естественно вносят ошибки во времена жизни прародителей БК. Так как это время зависит только от массы звезды – прародителя, неопределенности в их массах будут, в свою очередь, зависеть от неопределенности оценки возрастов рассеянных скоплений. В таблице 1 приведены собранные нами данные по массам прародителей БК, а также некоторые другие параметры БК. На рис.1 показано распределение масс прародителей БК, взятых из таблицы 1.

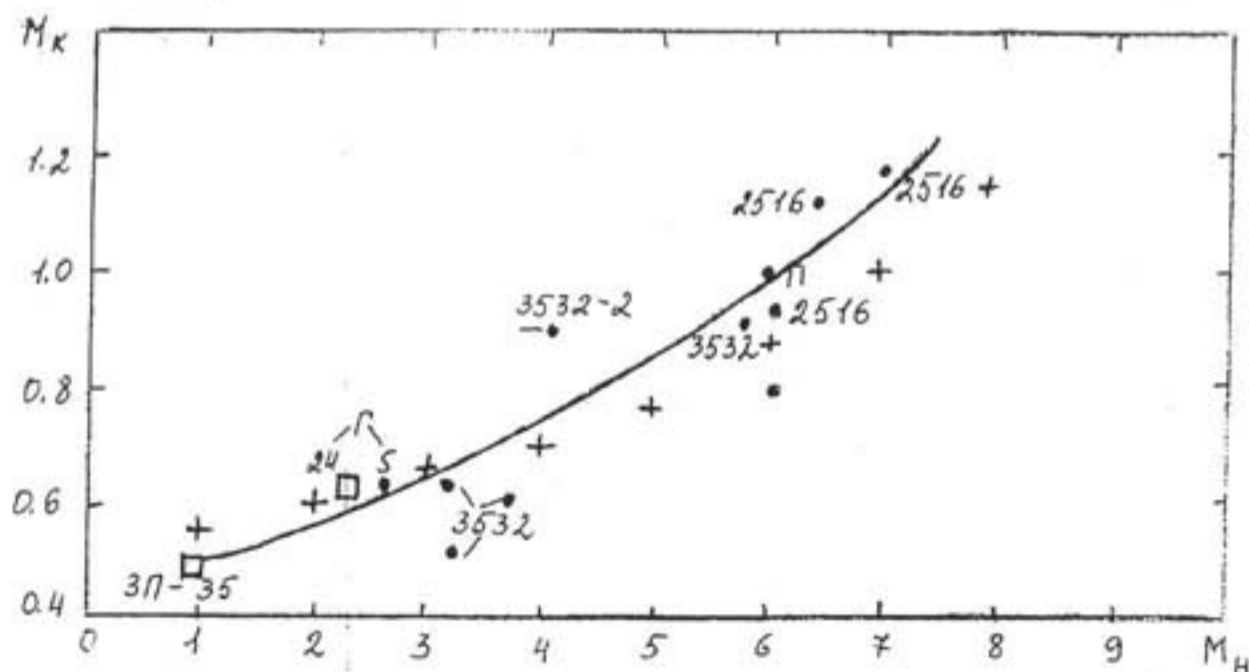


Рис. 1. Зависимость между массами белых карликов и их прародителей.

Заполненные кружки соответствуют обобщенным нами данным о массах, приведенным в Табл. 1. Рядом со знаком приведены название рассеянного скопления и число БК, взятых из него. Квадрат с самым низким значением начальной (M_{i0}) и конечной (M_{BK}) массами содержит информацию о 35-и звездах поля. Знаком "+" обозначена функция, построенная в работе [2].

2. Переходная функция

Построение переходной функции (или зависимости начальная – конечная масса), которая связывает массы родительских звезд на главной последовательности с массами БК, мы начали с пересмотра имеющихся данных по массам прародителей и массам конечных продуктов их эволюции, т.е. масс БК. Время жизни прародителей БК иногда сравнимо с неопределенностями в возрастах рассеянных скоплений и со временем остывания БК (см.

Табл.1). Поэтому очень трудно оценить время жизни родительских звезд, особенно если мы рассматриваем звезды с массами близкими к 7-9 M_{\odot} , так как время жизни звезды сильно уменьшается с возрастанием ее массы.

Как видно из Табл. 1, только WD NGC 3532-10 (БК под номером 10 в рассеянном скоплении NGC 3532) имеет уверенную оценку массы прародителя близкую к 6 M_{\odot} , вследствие низкой температуры $T=20400$ К. Когда время остывания (t_{cool}) очень мало по сравнению с возрастом рассеянного скопления, масса прародителя близка

Таблица 1

Основные параметры БК в некоторых рассеянных скоплениях.

Рассеянное скопление и название БК	Возраст (10^8 лет) Масса (M_{\odot}) Расстояние (пс)	M_{BK} , (M_{\odot})	T_{eff} , (К)	Время остывания, (10^8 лет)		Масса прародителя, (M_{\odot})	
				(a)	(b)	(a)	(b)
NGC 2168-3	1.1 ⁽¹⁾ 5 ⁽³⁾	0.6-0.8 ⁽⁴⁾	37500 ⁽⁴⁾	0.2	0.25	>5 ⁽⁴⁾	6
NGC 2168-4	870 ⁽⁹⁾	0.6-0.8 ⁽⁴⁾	44000 ⁽⁴⁾	0.2	0.25	>5 ⁽⁴⁾	6
Pleiades	0.8 ⁽¹⁾ , 1.2 ⁽²⁾						
WD LB 1497	5 ⁽³⁾	1.0 ⁽⁵⁾	32000 ⁽⁵⁾	1.0	1.0	6 ⁽⁵⁾	6
WD LB 1497	130 ⁽⁹⁾						
NGC 2516-1	1.1 ⁽¹⁾ , 1.6 ⁽²⁾	0.95 ⁽⁶⁾	30000 ⁽⁶⁾	0.48 ⁽⁶⁾	1.0	7.2 ⁽⁶⁾	6.0
NGC 2516-2	4 ⁽³⁾	1.14 ⁽⁶⁾	36000 ⁽⁶⁾	0.53 ⁽⁶⁾	1.1	7.6 ⁽⁶⁾	6.3
NGC 2516-3	440 ⁽⁹⁾	1.17 ⁽⁶⁾	33500 ⁽⁶⁾	0.75 ⁽⁶⁾	1.4	9.8 ⁽⁶⁾	7.0
NGC 3532-1	2.7 ⁽¹⁾ , 5.2 ⁽²⁾	0.9 ⁽⁷⁾	28000 ⁽⁷⁾	0.4 ⁽⁷⁾	1.0	4.1 ⁽⁷⁾	3.8
NGC 3532-5		0.58 ⁽⁷⁾	28500 ⁽⁷⁾	0.2 ⁽⁷⁾	0.3	3.9 ⁽⁷⁾	3.2
NGC 3532-6	3 ⁽³⁾	0.9 ⁽⁷⁾	28500 ⁽⁷⁾	0.4 ⁽⁷⁾	1.0	4.1 ⁽⁷⁾	3.8
NGC 3532-8		0.6 ⁽⁸⁾	25250 ⁽⁸⁾	0.3 ⁽⁸⁾	0.7	3.7 ⁽⁸⁾	3.5
NGC 3532-9	500 ⁽⁹⁾	0.61 ⁽⁸⁾	30150 ⁽⁸⁾	0.2 ⁽⁸⁾	0.3	3.7 ⁽⁸⁾	3.2
NGC 3532-10		0.91 ⁽⁸⁾	20400 ⁽⁸⁾	2.0 ⁽⁸⁾	2.5	5.7 ⁽⁸⁾	5.7

Примечание: В первой колонке таблицы приведены названия рассеянного скопления и БК. Вторая - содержит информацию о рассеянном скоплении: возраст/масса звезд в точке поворота с главной последовательности/расстояние. В последующих колонках представлены данные о массе, эффективной температуре, времени остывания БК и о массе его прародителя, соответственно. Данные в подколонтках, обозначенных (a), взяты из литературы, данные настоящей работы приведены в подколонтках, обозначенных (b). Цифры в скобках, обозначают ссылки на работы: (1) Mermilliod (1982); (2) Pols and Morinus (1994); (3) Schaerer et al. (1993); (4) Reimers and Koster (1988); (5) Wigner et. al. (1991); (6) Reimers and Koster (1982); (7) Reimers and Koster (1989); (8) Koester and Reimers (1983); (9) Lynga (1987).

к массе звезды в точке поворота с главной последовательности. Это обусловлено тем фактом, что время жизни родительской звезды (t_p) близко к возрасту рассеянного скопления t_{oc} и, следовательно, $t_{cool} = t_{oc} - t_p$ мало. Как видно из Табл. 1, в рассеянном скоплении NGC 2516 разность между возрастом скопления и временем остывания БК невелика и поэтому родительские массы 6-7 M_{\odot} , что значительно превышает известную массу звезды в точке поворота с главной последовательности.

Известно, что начальная функция масс для рассеянных скоплений имеет крутой характер, другими словами число звезд резко увеличивается с уменьшением массы. С другой стороны, большинство БК в рассеянных скоплениях очень горячие, так что t_{cool} значительно меньше по сравнению с t_{oc} . Следовательно, массы родительских звезд должны быть близки к массе звезды в точке поворота и это особенно важно для старых рассеянных скоплений. Сказанное хорошо демонстрируется распределением числа БК по массам в Гидах [5]. Для Гида (возраст $1.38 \cdot 10^9$ лет) масса звезд в точке поворота близка к 2 M_{\odot} . Резкое увеличение числа БК с массами $\sim 0.62 M_{\odot}$ [5,6]

показывает, что массы их прародителей должны быть близки к $\sim M_{\odot}$. Число БК поля резко увеличивается при более низких массах $\sim 0.55 M_{\odot}$ [5]. Массы их родительских звезд, скорее всего, близки к 0.9-1 M_{\odot} .

Для переходной функции, данной на рис.1, очень важными являются точки, соответствующие верхнему и нижнему пределу масс БК и их прародителей. Из данных о БК галактического поля можно заключить, что БК с массами $\sim 0.5 M_{\odot}$ имеют прародителей звезды с массами $\sim 0.9 M_{\odot}$. Проблема верхнего предела масс для БК и их прародителей более трудно разрешима [1, 2].

Согласно [13] верхний предел масс для прародителей БК на главной последовательности $8_{-2}^{+3} M_{\odot}$. Основанием для такого предположения было обнаружение трех БК с массами $\sim 1-1.2 M_{\odot}$ и температурой $\sim 30000-36000$ К в молодом рассеянном скоплении NGC 2516 [14]. Время остывания БК массой 1 M_{\odot} до температур 30000-36000К оценивается как $\sim (5-7) \cdot 10^7$ лет [14]. Для углеродного БК массой 1 M_{\odot} это может быть достигнуто за $(1-1.4) \cdot 10^8$ лет, если использовать, к примеру, модель, предложен-

ную в [15]. Возраст рассеянного скопления NGC 2516 также увеличен с $1.07 \cdot 10^7$ лет [12] до $1.55 \cdot 10^8$ лет [11]. Время жизни звезд с массами $9 M_{\odot}$ и $7 M_{\odot}$ около $2.4 \cdot 10^7$ лет и $4.2 \cdot 10^7$ лет [16] соответственно. Так как различия во времени жизни звезд сравнимы с возможными неопределенностями в возрасте рассеянного скопления и временем остывания БК, поэтому очень трудно говорить о более определенных значениях масс прародителей. Авторы работы [14] дают лишь верхний и нижний пределы ($11 M_{\odot}$ и $6 M_{\odot}$) для масс прародителей трех БК в NGC 2516. Увеличение возраста рассеянного скопления повлечет уменьшение масс звезд-прародителей. Учитывая молодость скопления NGC 2168, мы используем для масс БК в нем $\sim 0.8 M_{\odot}$.

Верхний предел масс БК, очевидно, соответствует нижнему пределу родительских масс нейтронных звезд, а также Сверхновых. Нижний предел масс прародителей нейтронных звезд всегда дается с большим разбросом. На сегодня этот разброс все еще большой.

В работе [17] оценили частоту рождения пульсаров в Галактике как 1 в 150 лет и вывели нижний предел для их прародителей в $5 M_{\odot}$. В работе [18] сделана оценка частоты взрывов Сверхновых в Галактике как 6 в 100 лет, используя данные об исторических остатках сверхновых и нижнего предела масс для прародителей также принятого в $\sim 5 M_{\odot}$.

Теоретический верхний предел прародителей БК $\sim 8 M_{\odot}$, и такие звезды порождают горячие БК с массой $1.36 M_{\odot}$ [19]. Спустя некоторое время, в результате медленных процессов нейтронизации атомных ядер, звезда может испытать поздний коллапс. Если принять во внимание также релятивистские эффекты общей теории относительности, тогда даже горячий БК без сильного вращения не может иметь массу более $1.3 M_{\odot}$. Соответственно, предельная масса прародительской звезды должна также уменьшаться. Релятивистский предел масс для невращающегося холодного БК около $1.2 M_{\odot}$, и это значение может быть достигнуто за промежуток времени, сравнимый с возрастом Галактики [20]. Это означает, что верхний предел для масс БК должен быть $> 1.2 M_{\odot}$. Анализ экспериментальных данных и теоретических расчетов показывают, что предел масс для прародителей БК должен быть порядка $\sim 7-8 M_{\odot}$ в случае холодных БК.

По экспериментальным данным, однако, мы имеем несколько случаев, когда масса БК выше предела $1.2 M_{\odot}$: PG 1656+441 имеет массу $1.31 M_{\odot}$ и PG 0136+251 имеет массу $1.2 M_{\odot}$ [21], БК G 3526 возможно имеет $M=1.2-1.3 M_{\odot}$ [22] и БК GD50 имеет массу около $1.3 M_{\odot}$ и $1.2 M_{\odot}$, согласно [23] и [24] соответственно. Эти БК одиночные звезды и имеют эффективную поверхностную температуру выше $30000K$. Но, так как они не принадлежат к какому-либо рассеянному скоплению, мы не знаем массу их прародителей.

3. Обсуждение и заключение

При имеющихся неопределенностях в оценках возрастов рассеянных скоплений и времен остывания БК, которые превышают время жизни звезд с массами около $7-8$

M_{\odot} , трудно сделать вывод о массах прародителей в таких скоплениях. Это особенно касается старых рассеянных скоплений. Но распределение числа звезд по малым массам круто растет с уменьшением их масс, т.е. начальная функция масс звезд очень крутая, как в галактическом поле, так и в рассеянных скоплениях. Поэтому большинство прародителей БК должны иметь массы очень близкие к массам звезд в точке поворота в рассеянных скоплениях, так как в большинстве случаев БК очень горячие звезды и, следовательно, они родились недавно. Близость масс БК, принадлежащих одному скоплению известна. Этот факт имеет место и для БК в галактическом поле и в Гидах (см. выше [5]). В случае поля распределение БК по массам характеризуется резким увеличением их числа при массе $\sim 0.55 M_{\odot}$. Такое же распределение имеет место и для Гида с пиком в области $0.6 M_{\odot}$ [5, 23, 25]. Следовательно, в переходной функции масс (рис. 1), связывающей массы БК с массами их прародителей на главной последовательности, этот эффект также имеет место. Не вызывает сомнений, что переходная функция масс проходит через (или очень близко) точки (0.9; 0.5) и (2.3; 0.6), которые отображают, соответственно, БК поля и Гида, если мы не делаем систематических ошибок в оценке масс. Низкое значение массы для БК 40EriV увеличивает нашу уверенность провести кривую "начальная-конечная масса" через точку (0.9; 0.5) на рис. 1.

Распределение масс, оцененное в работах [1,5,23-28], указывает на существование одиночных БК с массами $< 0.5 M_{\odot}$. Анализ данных по тесным двойным системам указывает на существование БК в широкой области возможных масс от 0.2 до $1.4 M_{\odot}$.

Примером очень малой массы БК $\sim 0.2 M_{\odot}$. В тесных двойных системах [33] являются БК WD T Leo [29,30] и БК VW Vul [31,32].

Среди широких пар, где возможно исключить влияние компонента на эволюцию, мы имеем только один пример БК с массой около $0.5 M_{\odot}$, это БК 40 Eri B. Его масса согласно астрономическим наблюдениям, равна $0.43 \pm 0.2 M_{\odot}$, а из гравитационного красного смещения $-0.53 \pm 0.04 M_{\odot}$ [34]. Очевидно, если мы обнаружим, красные гиганты с малыми массами, тогда можно было бы предположить, что массы образовавшегося БК должна быть еще меньше, чем масса прародителя – красного гиганта на $0.1-0.2 M_{\odot}$. Примером такого красного гиганта в тесной двойной системе является затменная двойная HD 74307 (S Cuc), где главная звезда G8111 имеет массу $\sim 0.2 M_{\odot}$ [35]. В системе HD 40632 (DN Ori) с наклоном орбиты $i=85.5^{\circ}$ имеется красный гигант F5111 G6 IV с массой около $0.2 M_{\odot}$ [35]. Однако в широких парах мы не имеем примера красного гиганта с массой менее $0.6 M_{\odot}$, который бы указывал на реальность существования одиночных БК с массами $\sim 0.4 M_{\odot}$.

Чтобы исключить разногласия между данными наблюдения (см. также [36-38]) и теоретическими результатами о нижнем пределе масс одиночных БК равном $0.5 M_{\odot}$ [39-43] предлагается объяснение: существование БК с массами около $0.5 M_{\odot}$ или меньше есть результат слияния двух гелиевых карликов малой массы [42,43]. Авторы

работы [44] обнаружили 5 тесных двойных среди 7 БК с малыми массами. Эти 5 БК ранее считались одиночными звездами. Следовательно, все БК с массами меньше, чем

$0.5M_{\odot}$ в действительности могут быть двойными и тогда точка (0.9; 0.5) на рис. 1 может считаться надежной.

- [1] V. Weidemann, D. Koester. *Astron. and Astrophys.*, 1983, v. 121, p. 77.
- [2] V. Weidemann. *Astron. and Astrophys.*, 1987, v. 188, p. 74.
- [3] P.R. Amnuel, O.H. Guseinov, H.I. Novruzova, Yu.S. Rustamov. *Astrofizika*, 1987, v. 27, p. 53.
- [4] G. Wegner, I.N. Reid, R.K. MacMahan. *Astrophys. J.*, 1991, v. 376, p. 186.
- [5] G. Wegner, I.N. Reid. *Astrophys. J.*, 1991, v. 375, p. 674.
- [6] V. Weidemann, S. Gordon, I. Iben, S. Casertan. *Astrophys. J.*, 1992, v., p. 1876
- [7] D. Reimers, D. Koester. *Astron. and Astrophys.*, 1988, v. 202, p. 77.
- [8] D. Reimers, D. Koester. *Astron. and Astrophys.*, 1989, v. 218, p. 118.
- [9] D. Koester, D. Reimers. *Astron. and Astrophys.*, 1993, v. 275, p. 479.
- [10] G. Maynet, J.C. Mermilliod, A. Maeder. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 1993, v. 98, p. 477.
- [11] O.R. Pols, M. Marinus. *Astron. and Astrophys.*, 1994, v. 288, p. 475.
- [12] J.C. Mermilliod. *Astron. and Astrophys.*, 1982, v. 109, p. 37.
- [13] V. Weidemann. *Astron. and Astrophys.*, 1990, v. 28, p. 103.
- [14] D. Reimers, D. Koester. *Astron. and Astrophys.*, 1982, v. 116, p. 341.
- [15] D.E. Winget, C.J. Hansen, J. Liebert, et al. *Astrophys. J. (Lett.)* 1987, v. 315, p. 77.
- [16] D. Schaerer, C. Charbonnel, G. Maynet, et al. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 1993, v. 102, p. 339.
- [17] D.R. Lorimer, M. Bailes, R.J. Dewey, P.A. Harrison. *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, 1993, v. 263, p. 403.
- [18] R.G. Strom. *Astron. and Astrophys.*, 1994, v. 288, p. L1.
- [19] K. Nomoto. *Astrophys. J.*, 1984, v. 277, p. 791.
- [20] Ya.B. Zeldovich, I.D. Novikov. *Stars and Relativity*, University Chicago Press, 1971.
- [21] G.D. Schmidt, P. Bergeron, J. Liebert, R.A. Saffer. *Astrophys. J.*, 1992, v. 394, p. 603.
- [22] P. Theyll, H.L. Shipman, J. MacDonald, W.M. MacFarland. *Astrophys. J.*, 1990, v. 361, p. 167.
- [23] P. Bergeron, R.A. Saffer, J. Liebert. *Astrophys. J.*, 1992, v. 394, p. 228.
- [24] A. Bragaglia, A. Renzini, P. Bergeron. *Astrophys. J.*, 1995, v. 443, p. 735.
- [25] A. Bragaglia, A. Renzini, P. Bergeron. in "White Dwarves Advances in Observation and Theory", Ed. Martin A. Barstow, Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [26] V. Weidemann, D. Koester. *Astron. and Astrophys.*, 1984, v. 132, p. 195.
- [27] O.H. Guseinov, H.I. Novruzova, Yu.S. Rustamov. *Astron. and Space Sci.*, 1983, v. 96, p. 1.
- [28] R.K. McMahan. *Astrophys. J.*, 1989, v. 336, p. 409.
- [29] A.W. Shafter, P. Szkody. *Astrophys. J.*, 1984, v. 276, p. 305.
- [30] T. Kato, S. Fujino. *Variable Stars B, Japan*, 1987, № 3, p. 10.
- [31] A.W. Shafter. *Astron. J.*, 1985, v. 90, p. 643.
- [32] P. Szkody. *Astron. J.*, 1985, v. 90, p. 1837.
- [33] H. Ritter. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 1990, v. 85, p. 1179.
- [34] D. Koester, D. Weidemann. *Astron. J.*, 1991, v. 102, p. 1152.
- [35] A.H. Batten, J.M. Fletcher, D.G. MacCarty. "Eighth Catalogue of the Orbital Elements Of Spectroscopic Binary Systems", Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria B.C., (DA08).
- [36] C.Y. Zhang, S. Kwok. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1993, v. 88, p. 137.
- [37] G. Stasinka, A. Fresneau, G.F. da Silva Gamerio, A. Acker. *Astron. and Astrophys.*, 1991, v. 252, p. 762.
- [38] J. Koppen, A. Acker, B. Stenholm, *Astron. and Astrophys.*, 1991, v. 248, p. 197.
- [39] I. Iben, A. Renzini. *Ann. Rev. Astron. And Astrophys.*, 1983, v. 21, p. 371.
- [40] J.W. Yuan. *Astron. and Astrophys.*, 1992, v. 261, p. 105.
- [41] I. Mazzitelli, F. D'Antonia. *Astrophys. J.*, 1986, v. 311, p. 762.
- [42] I. Iben, A.V. Tutukov. *Astrophys. J.*, 1986, v. 311, p. 753.
- [43] I. Iben, *Physics Reports*, 1995, v. 250, p. 1.
- [44] T.R. Marsh, V.S. Dhillon, S.R. Duck. *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, 1995, v. 275, p. 828.

F.Q. Qasimov, H.I. Novruzova, S.O. Tağıyeva

AĞ CİRTDANLAR VƏ ONLARIN ANA ULDUZLARININ KÜTLƏLƏRİ ARASINDA OLAN ASILILIQ

Açıq topalarda yerləşən ağ cırtdanların müşahidə edilmiş bütün materiallarına əsaslanaraq, onların və onların ana ulduzlarının kütlələri arasında olan yeni asılılıq qurulmuşdur. Bu asılılığın ilkin və son nöqtələrində olan qiymətlərinə xüsusi diqqət etdirilmişdir.

F.K. Kasumov, H.I. Novruzova, S.O. Tagieva

RELATION BETWEEN MASSES OF WHITE DWARFS AND ITS PROGENITORS

Using all observational data of white dwarfs (WD) in open clusters a new relations between masses of WD and its progenitors have been constructed. Special attention was paid to the problems related to the extreme values of the relation.

Дата поступления: 15.10.97

Редактор: Д.М. Кулузаде