

NGC 6528 — скопление промежуточного возраста?

К.Р. Фоуркаде

По четырем пластинкам в полосе Б и трем — в полосе V, полученным с помощью 154-см рефлектора обсерватории Боске—Алегре (Аргентина) получена диаграмма цвет—величина для шарового скопления NGC 6528.

Оценен избыток цвета $E(B-V) = 0.^m66 \pm 0.04$. Видимый модуль расстояния $(m-M)_{\text{app}}^V = 16.^m00$, если принять $M_V = +0.^m5$ для звезд горизонтальной ветви. Истинный модуль расстояния $(m-M)_0 = 14.^m02$, если общее поглощение света $A_V = 3E(B-V)$. Расстояние NGC 6528 составляет 6.4 Кпс от Солнца и 467 пс от плоскости Галактики. Наблюдения показывают, что NGC 6528 занимает промежуточное положение между нормальными шаровыми скоплениями и старыми рассеянными скоплениями.

Is NGC 6528 an Intermediate Age Cluster?

by C.R. Fourcade

On the base of 4 B-plates and 3 V-plates obtained with 154-sm reflector of the observatory Boske—Alegro (Argentina) the colour-magnitude diagram of the globular cluster NGC 6528 is constructed.

The reddening of the cluster is estimated to be $E(B-V) = 0.66 \pm 0.04$. The apparent visual distance modulus is $(m-M)_{\text{app}}^V = 16.00$ if $M_V = +0.^m5$ for its horizontal branch. The real modulus is $(m-M)_0 = 14.^m02$ of the visual absorption is $A_V = 3E(B-V)$. The distance of NGC 6528 is 6.4 Kpc from the sun and 467 pc from the galactic plane. Observations show that NGC 6528 would be an intermediate cluster between a normal globular cluster and an old galactic cluster.

Table 1 contains V-magnitudes and B-V-colours of standart stars. The photographic B and V-magnitudes of stars designed on the chart (Figure 1) are given in Table 2. The colour-magnitude diagram of NGC 6528 is demonstrated of Figure 2.

Введение

Шаровое скопление NGC 6528 ($l = 1.^{\circ}13$; $b = -4.^{\circ}17$) расположено в направлении галактического центра в Большом облаке Стрельца А.

Близ него расположено другое шаровое скопление NGC 6522 ($l=1^{\circ}03$; $b=-3^{\circ}93$), так что оба получаются на одном снимке 9×12 см, сделанном с телескопом в Боске Алегре ($1 \text{ mm} = 27''.5$). При наблюдениях с длинной экспозицией заметно сильное поглощение. Простой взгляд на пластинку достаточен, чтоб заметить, что поглощение в области NGC 6528 сильнее, чем в области NGC 6522 и очень неоднородно. Покраснение в направлении NGC 6522 составляет $0^{\text{m}}.46$ [Арп (Arp), 1965], а в поле NGC 6528 — $0^{\text{m}}.66$. Бааде (Baade, 1946), Калиняк и др. (1951), Дюфей (Dufay, 1960) и Терцян (Terzan, 1965) показали, что звездные облака обозначенные А, В и С являются частями центральной конденсации нашей Галактики. Поэтому наличие шарового скопления в направлении области А существенно для выводов о покраснении в этой области, условие "sine qua non" для определения расстояния.

Наблюдения

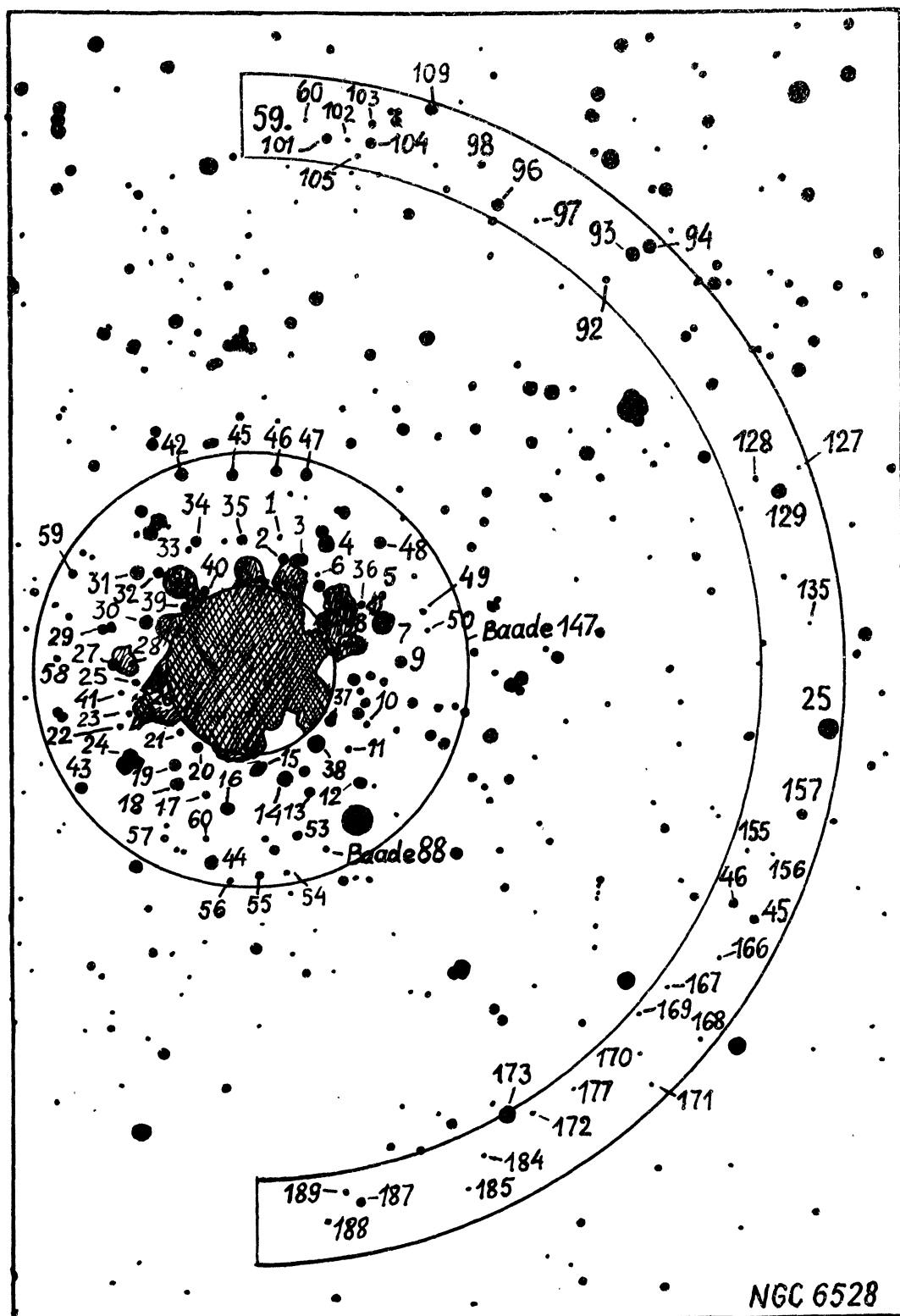
Все наблюдения были сделаны с 154-см телескопом в Боске Алегре (Кордова, Аргентина) с зеркалом, задиафрагмированным до 110 см для увеличения поля, свободного от комы.

Скопления NGC 6522 и NGC 6528 расположены на одной параллели, различаясь на 1.2 минуты времени по прямому восхождению. Для уменьшения ошибок, вызываемых оптикой, пластинки снимались так, чтобы оба скопления находились на одинаковых расстояниях от оптического центра. Четыре пластинки 103a—O+GG 13 и три 103a—D+GG 11 были сделаны в хорошие для фотометрических целей ночи. Звездные величины звезд NGC 6522 были перенесены на звезды NGC 6528. Арп (Arp, 1965) построил фотометрический стандарт для NGC 6522 и звезды NGC 6528 были измерены с фотометром Ирис—Аскания обсерватории Кордова относительно этого стандарта. Табл. 1 дает фотометрические величины стандарта и полученные с помощью характеристических кривых величины по 4 "синим" и 3 "визуальным" пластинкам. Звезды фотоэлектрического стандарта вокруг NGC 6522 указаны на рис. 1a из работы Арпа (Arp, 1965), а измеренные нами — на рис. 1 настоящей работы. Их величины и цвет приведены в табл. 2.

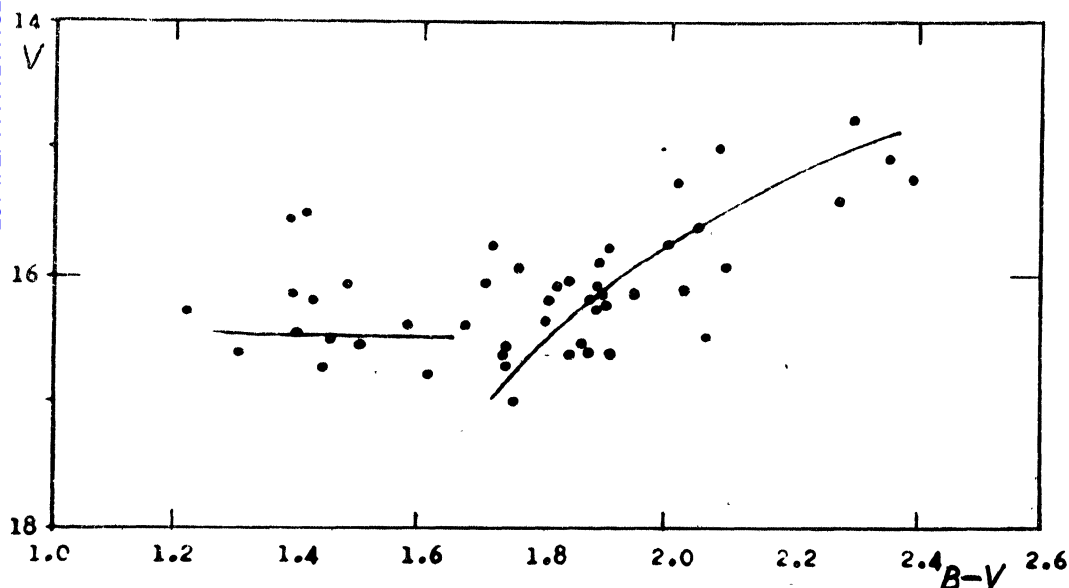
Диаграмма "цвет—величина"

Звезды из табл. 2 нанесены на диаграмму (рис. 2). На основании рис. 2 можно сделать следующие заключения:

а) диаграмма похожа на диаграмму для NGC 6356 [Сендидж и др., (Sandage and Wallerstein, 1960)] но наклон ветви гигантов у NGC 6528 менее крутой и значительно более продолжительная и прямая горизонтальная ветвь. Это сходство можно продолжить на NGC 104 [Вилди (Wildevy), 1961; Тиффт (Tifft), 1963] и NGC 6171 [Сендидж и др., (Sandage and Katem, 1964)]. Все эти скопления характеризуются высокой металличностью.



P u c. 1.



Р и с. 2.

б) ветвь гигантов NGC 6528 менее крута чем у какого-либо известного нам скопления и их гигантские звезды поэтому менее яркие [Сендидж и др., (Sandage and Wallerstein, 1960)];

с) горизонтальная ветвь длинная и точка ее пересечения с ветвью субгигантов краснее, чем это известно у шаровых скоплений [Хартвик (Hartwick), 1968; Сендидж и др., (Sandage and Smith), 1966].

Все это позволяет предположить, что NGC 6528 не может быть с надежностью отнесено к шаровым скоплениям (см. далее).

Покраснение

По диаграмме цвет-светимость NGC 6528 трудно определить покраснение. Его нельзя вычислить прямым наложением ветви гигантов на диаграммы изученных скоплений по той причине, что эта ветвь у NGC 6528 менее крута и истинный цвет ветви субгигантов систематически изменяется с металличностью [Сендидж и др. (Sandage and Smith), 1966; Хартвик (Hartwick), 1968].

Обычно применяющийся метод определения покраснения на основе истинного цвета границ области звезд типа RR Lyr [Сендидж (Sandage), 1969] не может быть здесь применен, так как границы неопределенны.

Крон и Мейолл (Kron and Mayall, 1960) получили покраснение для гипотезы $E(B-V)=0.66$.

Ван ден Берг (van den Bergh, 1967) получил для $B-V=1.43$, а в таблице 6 его работы для спектра NGC 6528 (G5) принял значение $(B-V)_0=0.83$. Соответственно $E(B-V)=0.60$. На рис. 3 работы Хартвика (Hartwick, 1968), где $(B-V)_0$ нанесено против класса Моргана, для класса Моргана VIII, который соответствует NGC 6528, получено $(B-V)_{0,g}=1.05$. Так как наблюдаемое значение $(B-V)_g=1.80$, покраснение скопления NGC 6528 $E(B-V)=0.75$.

В этой работе мы приняли $E(B-V)=0.66\pm0.04$ Крона и Мейолла, как представляющее среднее взвешенное значение из всех трех определений.

Сравнение диаграммы "цвет-светимость" скопления NGC 6528 с диаграммами других скоплений.

В 1959 г. Морган в работе "Интегральные спектры шаровых скоплений", сообщенной на 103 собрании Американского астрономического общества в Торонто, Канада, пришел к следующему заключению: "Наблюдения интегрального спектра дополнительных шаровых скоплений привели к открытию двух скоплений (NGC 6528 и NGC 6553), обладающих более сильными линиями поглощения металлов, чем любое отмеченное раньше. Эти скопления расположены на относительно малых в проекции расстояниях от галактического ядра (4° и 6° , соответственно) и по спектральным характеристикам сходны с областью ядра в участке длин волн 4300–4800 Å. Оба скопления интересны как представители возможной промежуточной стадии между скоплениями галактического гало и старыми скоплениями; в частности, интересно детальное сравнение диаграмм "цвет-величина" со скоплением M 67. Вследствие спектрального сходства NGC 6528 и NGC 6553 с областью ядра Галактики, представляет интерес изучение этих скоплений как возможных индикаторов расстояний, так как возможно, что они расположены на относительно малых расстояниях от ядра Галактики".

На рис. 3 даны диаграммы "цвет-светимость" в координатах M_V и $(B-V)_0$ для скоплений NGC 104 [Тиффит (Tifft), 1963], NGC 7789 [Хаген (Hagen), 1970], NGC 188 [Сендидж (Sandage), 1962], M 67 [Сендидж (Sandage), 1964], NGC 6528 (эта работа).

На этих диаграммах горизонтальная ветвь скопления NGC 6528 была совмещена с горизонтальной ветвью у 47 Tuc. Предполагается, что диаграмма цвет-величина этого скопления является промежуточной между нормальными шаровыми и старыми галактическими скоплениями. В настоящее время нет точных знаний об абсолютной величине горизонтальной ветви таких объектов.

Тем не менее, в подтверждение заключений Моргана, имеется другой промежуточный случай, — M 67. Сендидж и Эгген (Sandage, Eggen, 1964) писали: "...Интересной особенностью [диаграммы] является сильная концентрация ярких звезд, которая может быть горизонтальной ветвью близ $V_0=11.7^m$. Собственные движения указывают, что большинство этих звезд — члены скопления. Аналогия с диаграм-

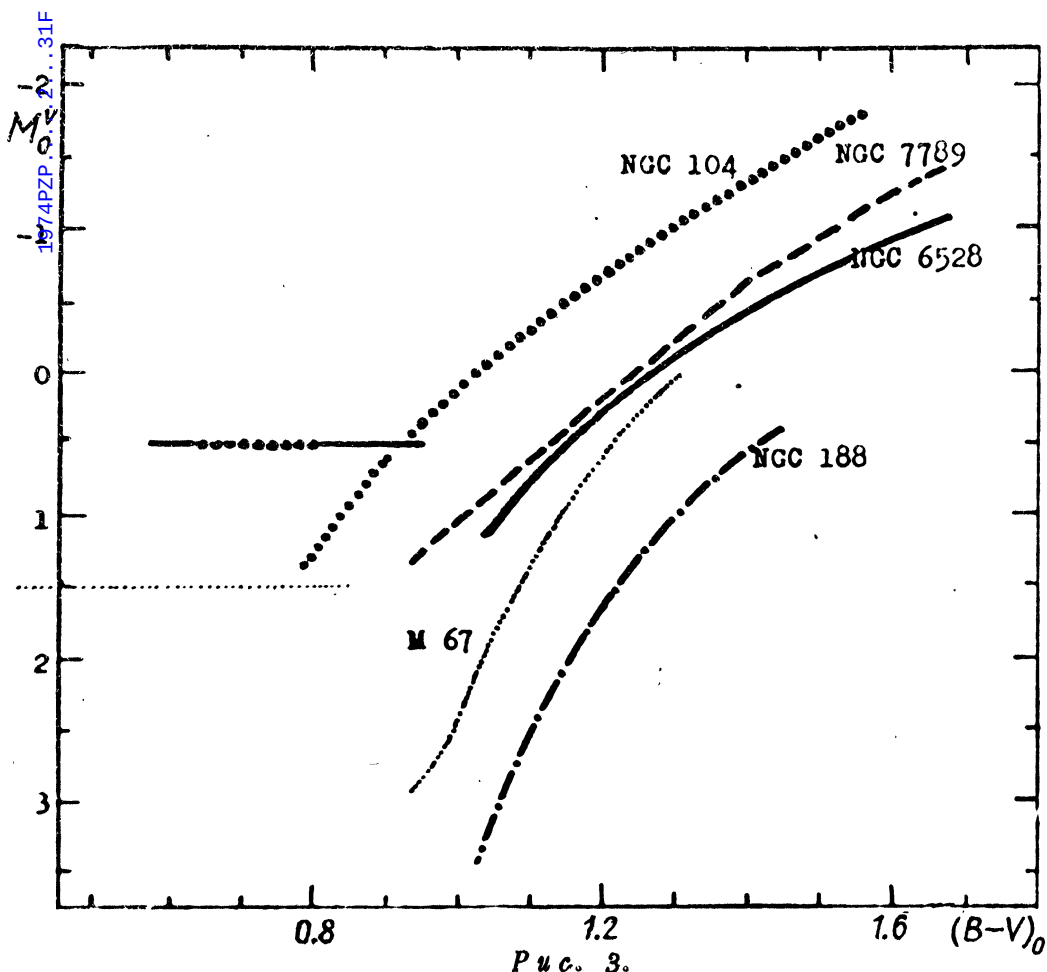


Рис. 3.

Таблица 1

Звезда	Фотоэлектрические величины		Фотографические величины		Звезда	Фотоэлектрические величины		Фотографические величины	
	Photoelectric	B-V	Photographic	B-V		Photoelectric	B-V	Photographic	B-V
Star	V	B-V	V	B-V	Star	V	B-V	V	B-V
A	11 ^m .29	0 ^m .52	—	—	R	15.61	1.98	15.55	1.93
B	11.50	0.19	—	—	S	15.62	1.47	15.84	1.48
C	12.26	1.64	12 ^m .30	1 ^m .59	T	15.68	1.98	15.85	1.81
D	12.74	0.53	12.57	0.47	U	15.70	1.42	15.55	1.33
E	12.01	1.31	13.05	1.33	V	15.75	0.74	16.12	0.40
F	13.25	0.42	13.33	0.45	W	15.94	1.54	16.15	1.36
G	13.27	1.39	13.19	1.53	X	16.01	1.24	15.82	1.45
H	13.38	1.85	13.52	1.84	Y	16.07	1.29	16.00	1.44
I	13.45	0.68	13.50	0.63	Z	16.19	1.34	16.07	1.71
J	14.15	0.70	14.32	0.55	a	16.35	1.31	—	—
K	14.26	1.89	14.10	2.04	b	16.37	1.00	16.45	0.86
L	14.35	1.29	14.42	1.27	c	16.62	0.87	—	—
M	14.47	1.75	14.43	1.81	d	16.73	1.39	16.70	1.44
N	14.62	0.68	14.66	0.50	e	16.93	1.79	16.70	1.85
O	15.03	1.04	15.39	0.77	f	17.52	0.91	—	—
P	15.16	1.49	14.93	1.65	g	16.61	1.99	16.81	1.81

Таблица 2

Звезды диаграммы цвет-величина NGC 6528
(сглаженные фотографические величины)
Stars of the colour-magnitude diagram of NGC 6528
(Smoothed photographic magnitudes)

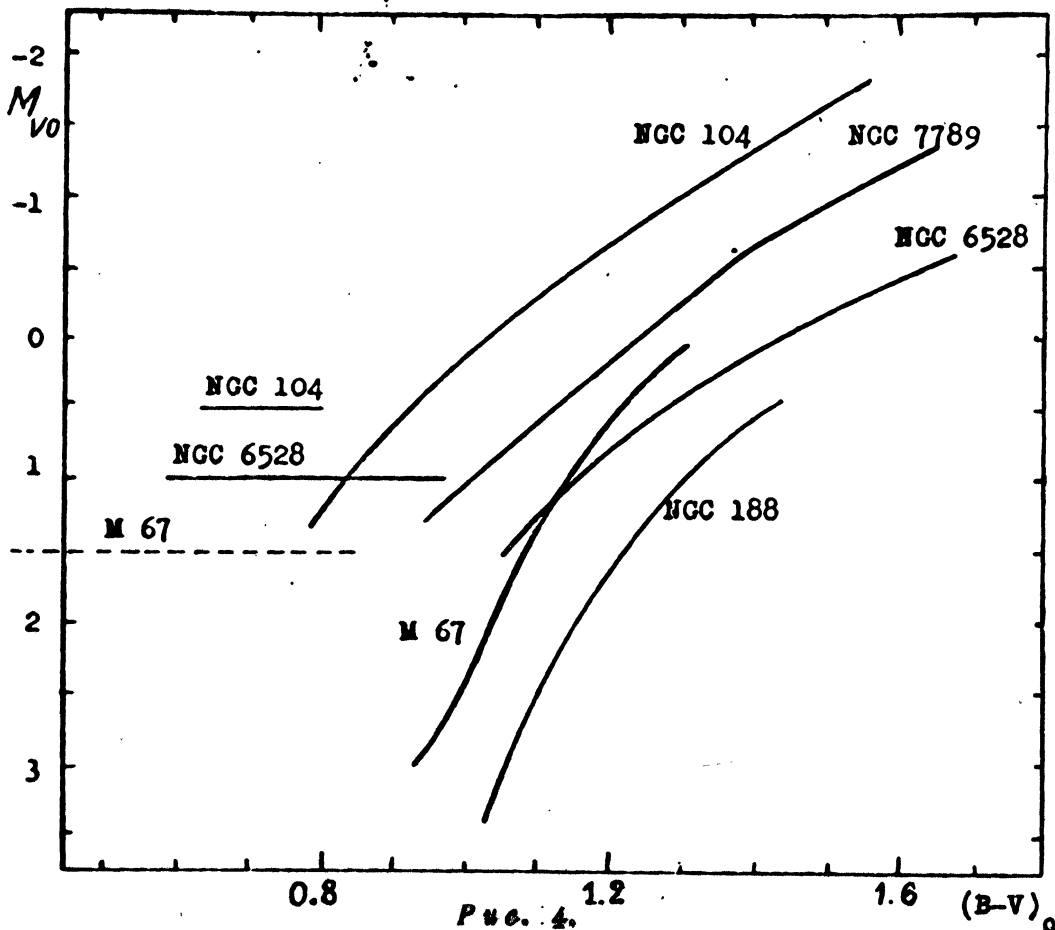
Звезда №	B	V	B-V	Звезда №	B	V	B-V
1	18. ^m 78	17. ^m 03	1. ^m 75	31	17. ^m 42	15. ^m 07	2. ^m 35
2	18.04	16.24	1.80	32	17.27	15.26	2.01
3	17.76	16.06	1.70	33	—	—	—
4	17.23	14.47	2.76	34	17.95	16.50	1.45
5	17.82	16.42	1.40	35	—	—	—
6	17.65	15.75	1.90	36	17.06	14.77	2.29
7	17.06	14.98	2.08	37	—	—	—
8	18.41	16.80	1.61	38	—	—	—
9	17.63	16.14	1.49	39	—	—	—
10	18.52	16.61	1.91	40	17.63	15.59	2.04
11	18.35	16.62	1.73	41	18.48	16.74	1.74
12	18.08	16.14	1.94	42	16.94	15.55	1.39
13	17.99	16.11	1.88	43	17.79	15.90	1.89
14	17.75	15.76	1.99	44	16.94	15.53	1.41
15	—	—	—	45	17.68	15.93	1.75
16	17.88	16.05	1.83	46	18.12	16.24	1.88
17	18.45	16.61	1.84	47	18.00	15.91	2.09
18	17.90	16.08	1.82	48	17.57	16.09	1.48
19	18.04	16.15	1.89	49	18.35	16.62	1.73
20	18.11	16.22	1.89	50	18.07	16.57	1.50
21	—	—	—	51	—	—	—
22	18.20	16.76	1.44	52	Variable № 147 (Baade)		
23	—	—	—	53	18.08	16.21	1.87
24	17.46	15.75	1.71	54	18.14	16.34	1.80
25	18.14	16.12	2.02	55	18.07	16.40	1.67
26	—	—	—	56	17.93	16.63	1.30
27	17.68	15.41	2.27	57	17.99	16.41	1.58
28	—	—	—	58	18.40	16.54	1.86
29	17.50	16.29	1.21	59	17.61	16.19	1.42
30	17.61	15.22	2.39	60	18.45	16.58	1.87

мами "цвет-светимость" шаровых скоплений дает основания предполагать, что звезды могли вернуться с главной последовательности через вершину ветви гигантов; в этом случае интересно, что их светимость близка к $M_V = +1.5$ вместо $M_V = +0.5$ в шаровых скоплениях галактического гало...".

Скопление NGC 6528 должно представлять промежуточный случай между нормальным шаровым и старым галактическим скоплением в том смысле, что особенности диаграммы цвет-светимость преимущест-

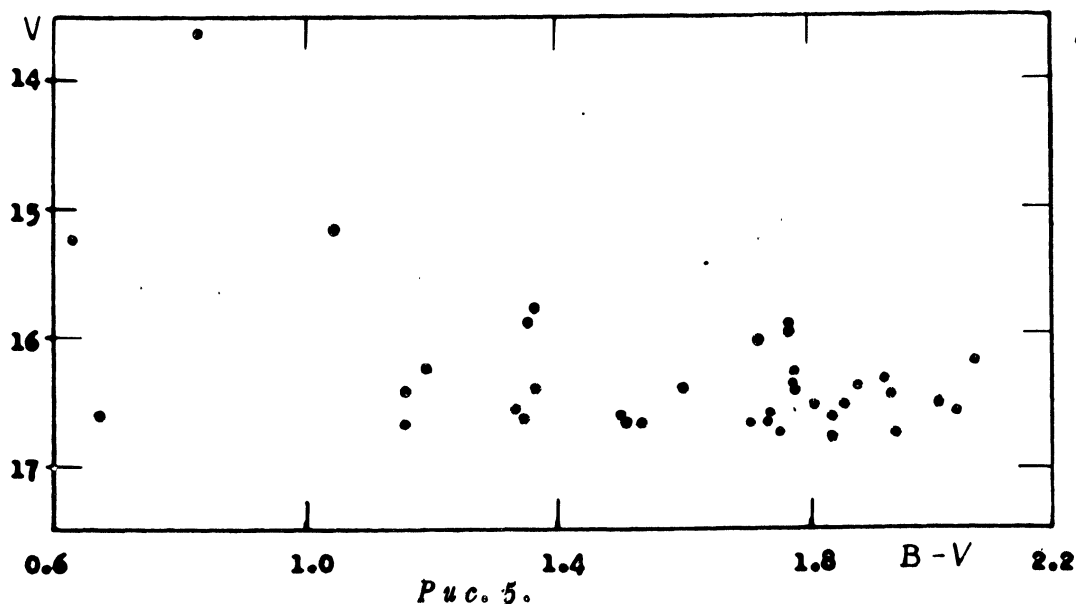
венно соответствуют диаграммам шаровых скоплений, в то время как диаграмма М 67 должна быть промежуточной с преимущественными особенностями старых галактических скоплений.

Следовательно горизонтальная ветвь NGC 6528, вероятно, должна быть расположена между +0.5 и +1.5, ближе к +0.5, чем к +1.5 и никак не может быть меньше +0.5, что еще раз подтверждает его природу как скопления промежуточного возраста (см. рис. 4).



Отделение звезд скопления от звезд галактического поля.

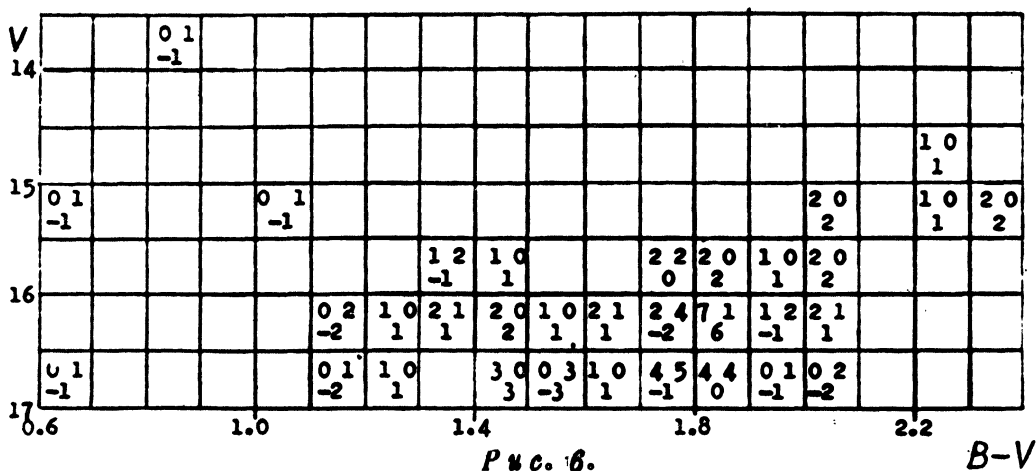
С целью отделить звезды, относящиеся к скоплению, от звезд богатого поля, окружающего галактическое ядро, и близких звезд, проектирующихся на него, были измерены звезды в площадке равной той, для которой построена диаграмма цвет-светимость скопления. Поэтому вокруг центра скопления были проведены 4 concentric circles, как показано на рис. 1. Внутренний круг (C_1) радиусом $r_1 = 16''.7$ содержит ядро скопления, которое передержано на наших пластинках; кольцо (C_2) между $r_1 = 16''.7$ и $r_2 = 42''.1$ содержит звезды, которые были измерены для диаграммы цвет-светимость скопления.



Интересно отметить, что Сойер-Хогг (Sawyer Hogg, 1963) дает для углового радиуса скопления $36''$.

Принимая радиус $r_3 = 101''$ и другой $r_4 = 114''$ мы получаем круговое кольцо (C_3) площадью равное (C_2) содержащее звезды рассматриваемого поля, величины которых были измерены в В и V. На рис. 5 изображена диаграмма цвет-светимость 38 звезд поля, предельная величина которых такая же как у 48 звезд на диаграмме цвет-светимость самого скопления. Рис. 6 с координатами V, B-V разделен на квадраты со сторонами 0.5 по V и 0.1 по B-V.

В каждом квадрате отдельно были подсчитаны звезды скопления по рис. 2 и звезды поля (в тех же квадратах) по рис. 5. Вычитая из чисел рис. 2 числа рис. 5 получаем число звезд скопления. В каждом квадрате на рис. 6 отмечено число звезд скопления (вверху налево),



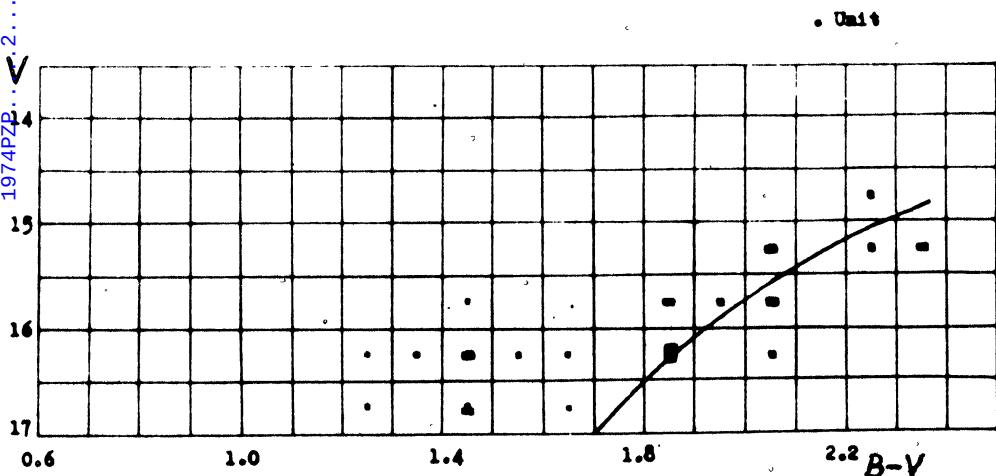


Рис. 7.

число звезд поля (вверху направо) и разность между ними (внизу по середине). Рис. 7 дает диаграмму цвет-светимость только членов скопления. Размер квадратного значка в центре каждой клетки пропорционален числу звезд скопления.

Реальная диаграмма цвет-светимость скопления была затем наложена на полученную и совпадение оказалось достаточно хорошим.

Расстояние и пространственное положение.

Покраснение скопления было оценено как $E(B-V) = 0.^m66$. Видимый модуль расстояния $(m-M)_V = 16.^m00$, если для горизонтальной ветви принять значение $M_V = +0.^m5$.

Истинный модуль расстояния $(m-M)_0 = 14.^m02$, если для поглощения света принять значение $A_V = 3E(B-V)$.

Расстояние NGC 6528 от Солнца оценивается в 6.5 Кпс, расстояние от галактической плоскости 467 пс, что характерно для скоплений высокой металличности [Кинман (Kinman), 1959].

Литература:

- Арп, 1965 — Arp H.C., ApJ **141**, 45.
 Бааде, 1946 — Baade W., PASP **58**, 249.
 Берг ван ден, 1967 — Van den Bergh S., AJ **72**, 70.
 Вилди, 1961 — Wildey R.L., ApJ **133**, 430.
 Калиняк П.Н., Крассовский В.Ж., Никонов В.Б., 1951, Изв. КрАО, том VI, 119.
 Крон и др., 1960 — Kron G.E., Mayall N.U., AJ **65**, 581–620.
 Морган, 1959 — Morgan B.B., AJ **64**, 432.
 Сендидж, 1962 — Sandage A.R., ApJ **135**, 333.
 Сендидж, 1969 — Sandage A.R., ApJ **157**, 515.
 Сендидж и др., 1960 — Sandage A.R., Wallerstein G., ApJ **131**, 598.
 Сендидж и др., 1964 — Sandage A.R., Eggen O.J., ApJ **140**, 130.
 Сендидж и др., 1966 — Sandage A.R., Smith L., ApJ **144**, 886.

- Терцан, 1965 — Terzan A., Annales d'Astrophysique 28, 935.
Тиффт, 1963 — Tifft W.G., MNRAS 126, 209.
Харен, 1970 — Hagen G. "An Atlas of Open Clusters Colour — Magnitude Diagrams", DDO, Toronto, vol 4.
Хартвик, 1968 — Hartwick F.D., ApJ 154, 475.
Холопов П.Н., 1950, АЖ 27, 110.
Хогг, 1963 — Hogg H.S., "A Bibliography of Individual Globular Clusters", First Suppl., University of Toronto Press.

Астрономическая обсерватория
Кордова, Аргентина

*Поступила в редакцию
в январе 1974 г.*