

Б. Е. Маркарян

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДЫ НАСЕЛЕНИЯ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ ПО ПАРЦИАЛЬНЫМ СВЕТИМОСТЯМ

### § 1. ВВОДНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Как показывают исследования последних лет, особенности строения звездных систем в значительной степени связаны с природой их населения, т. е. с физическими характеристиками населяющих их звезд.

Поэтому определение звездного состава — природы звездного населения галактик приобретает важное значение.

Обычные методы, применяемые для определения звездного состава систем, входящих в нашу Галактику, по понятной причине, почти неприменимы в отношении внегалактических объектов.

Это заставляет изыскивать новые способы для получения более или менее полного представления о природе населения далеких звездных систем. Нам представляется, что одним из таких способов может быть получение распределения парциальных светимостей звездной системы, т. е. суммарных светимостей, обусловленных отдельными классами звезд, населяющих систему. Это распределение может быть получено из анализа результатов многоцветной фотометрии интегрального излучения системы.

Здесь мы должны отметить, что на возможность использования парциальных светимостей для изучения особенностей строения галактик впервые обратил внимание В. А. Амбарцумян [1].

В настоящей работе сделана попытка получить распределение парциальных светимостей для некоторых шаровых скоплений и галактик на основе данных шестицветной фотометрии Стеббинса и Уитфорда [2, 3, 4].

## § 2 СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПАРЦИАЛЬНЫЕ СВЕТИМОСТИ

Интегральную светимость звездной системы можно представить в виде суммы парциальных светимостей, представляющих собою суммарные светимости отдельных классов звезд, населяющих систему. Поэтому, обозначая интегральную светимость системы через  $L$ , а парциальную (обусловленную звездами класса  $s$ ) через  $L^s$ , можно написать нижеследующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} \sum_s L_U^s &= L_U & \sum_s L_G^s &= L_G \\ \sum_s L_V^s &= L_V & \sum_s L_R^s &= L_R \\ \sum_s L_B^s &= L_B & \sum_s L_I^s &= L_I \end{aligned}$$

соответствующих спектральным участкам шестицветной фотометрии U, V, B, G, R и I.

Или переходя от светимостей к абсолютным величинам, будем иметь:

$$\begin{aligned} \sum_s N_s 10^{-0.4 M_U^s} &= 10^{-0.4 M_U} & \sum_s N_s 10^{-0.4 M_G^s} &= 10^{-0.4 M_G} \\ \sum_s N_s 10^{-0.4 M_V^s} &= 10^{-0.4 M_V} & \sum_s N_s 10^{-0.4 M_R^s} &= 10^{-0.4 M_R} \\ \sum_s N_s 10^{-0.4 M_B^s} &= 10^{-0.4 M_B} & \sum_s N_s 10^{-0.4 M_I^s} &= 10^{-0.4 M_I} \end{aligned}$$

где  $M^s$  представляет собой абсолютную величину звезды типа  $s$ , а  $N_s$  их количество в системе.

Шестицветная фотометрия дает относительные цвета, точнее относительные звездные величины в указанных вы-

ше участках спектра. Исходя из их определения, можно написать:

$$\begin{aligned}
 U^s &= (M_U^s - M_{BGR}^s) - (M_U - M_{BGR})_0 \\
 V^s &= (M_V^s - M_{BGR}^s) - (M_V - M_{BGR})_0 \\
 B^s &= (M_B^s - M_{BGR}^s) - (M_B - M_{BGR})_0 \\
 G^s &= (M_G^s - M_{BGR}^s) - (M_G - M_{BGR})_0 \\
 R^s &= (M_R^s - M_{BGR}^s) - (M_R - M_{BGR})_0 \\
 I^s &= (M_I^s - M_{BGR}^s) - (M_I - M_{BGR})_0 \\
 U &= (M_U - M_{BGR}) - (M_U - M_{BGR})_0 \\
 V &= (M_V - M_{BGR}) - (M_V - M_{BGR})_0 \\
 B &= (M_B - M_{BGR}) - (M_B - M_{BGR})_0 \\
 G &= (M_G - M_{BGR}) - (M_G - M_{BGR})_0 \\
 R &= (M_R - M_{BGR}) - (M_R - M_{BGR})_0 \\
 I &= (M_I - M_{BGR}) - (M_I - M_{BGR})_0
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где абсолютные величины с индексом BGR соответствуют среднему значению абсолютных величин в участках В, G и R, а нулевой индекс относится к стандарту.

Подставляя из (2) значения абсолютных величин в (1)

и обозначая  $L_s = \frac{L_{BGR}^s}{L_{BGR}}$ , получим систему шести уравнений:

$$\begin{aligned}
 \sum_s 10^{-0.4 U_s} L_s &= 10^{-0.4 U} & \sum_s 10^{-0.4 G_s} L_s &= 10^{-0.4 G} \\
 \sum_s 10^{-0.4 V_s} L_s &= 10^{-0.4 V} & \sum_s 10^{-0.4 R_s} L_s &= 10^{-0.4 R} \\
 \sum_s 10^{-0.4 B_s} L_s &= 10^{-0.4 B} & \sum_s 10^{-0.4 I_s} L_s &= 10^{-0.4 I}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

содержащую  $s$  неизвестных —  $L_s$ .

В данном случае количество уравнений вынуждает нас представить интегральную светимость звездной системы сум-

мой парциальных светимостей, соответствующих только шести типам звезд.

Правые части уравнений (3) содержат цвета звездной системы, получаемые из наблюдений, а левые — одни и те же неизвестные —  $L_s$ , коэффициенты при которых зависят от известных цветов звезд рассматриваемых типов. Решение этой системы даст значения  $L_s$ , по которым легко можно определить значения парциальных светимостей в каждом из рассматриваемых шести участков спектра в долях общей светимости звездной системы.

В самом деле, для участка V можно написать:

$$\frac{L_V^s}{L_V} = 10^{0.4(M_V - M_V^s)}$$

таким же образом

$$L_s = \frac{L_{BOR}^s}{L_{BOR}} = 10^{0.4(M_{BOR} - M_{BOR}^s)}$$

Из этих двух уравнений находим:

$$\frac{L_V^s}{L_V} = 10^{0.4(V - V^s)} L_s \quad (4)$$

При необходимости определения парциальных светимостей в других участках спектра можно воспользоваться аналогичной формулой, заменяя в ней участок спектра и цвет желаемыми.

Решение же системы уравнений удобно выполнить способом последовательных приближений, требуя при этом, чтобы искомые неизвестные были положительными.

Благодаря этому последнему требованию может случиться, что систему уравнений невозможно удовлетворить точно. В таком случае приходится искать систему положительных значений неизвестных, при которых сумма квадратов остатков (т. е. разностей правых и левых частей уравнений после подстановки в них значений неизвестных) была бы минимальной. А что касается значений неизвестных в первом приближении, то их можно искать путем проб, в процессе которых могут быть определены и основные классы звезд, обуславливающие общую светимость системы.

## § 3. ПАРЦИАЛЬНЫЕ СВЕТИМОСТИ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ

Согласно Сандейджу [5], светимости шаровых скоплений обуславливаются звездами, абсолютная величина которых меньше +6. Поэтому с достаточным основанием можно допустить, что они складываются из светимостей звезд типов:

$$gM, gK, gG, A, \bar{g}G, dF, dG$$

и голубых звезд, образующих горизонтальную ветвь диаграммы ГР за провалом, которые мы условно обозначили через  $b$ .

Объединив звезды типов  $gG$  и  $\bar{g}G$  (так как цвета их мало отличаются друг от друга), оставляя вне рассмотрения звезды типа  $gM$ , поскольку они редко встречаются в шаровых скоплениях, интегральные светимости последних мы представили в виде суммы парциальных светимостей звезд следующих типов:

$$b, A0, dF2, dG0, gG1 \text{ и } gK3$$

Используя известные цвета шаровых скоплений [3] и звезд различных спектральных типов [4], мы определили, описанным в § 2 способом, парциальные светимости некоторых шаровых скоплений. При этом для голубых звезд были использованы цвета звезд типа B5, поскольку их обычные показатели цвета, в большинстве случаев, близки к показателям цвета звезд типа B5.

Системы уравнений были составлены и решены для шаровых скоплений M2, M13, M15 и M92, расположенных на сравнительно высоких галактических широтах и поэтому мало подверженных влиянию межзвездного поглощения. Несмотря на это нами было учтено небольшое влияние поглощения на их цвета следующим образом. Хотя взятые из [4] цвета звезд разных спектральных типов выведены по непокрасневшим звездам, тем не менее нельзя их считать совершенно свободными от влияния поглощения. Полагая, что поглощение для этих звезд, в среднем, порядка поглощения, наблюдаемого в направлении полюса Галактики, раз-

ницу во влиянии поглощения (в фотографических лучах) на яркость скопления и звезд мы определили по формуле:

$$\Delta m = 0^m.25 (\text{csc} \theta - 1)$$

После этого по полученным значениям  $\Delta m$  были определены значения разностей поглощения для всех участков шестичерной фотометрии, исходя из закона поглощения  $A(\lambda) \sim \lambda^{-1}$ . Затем они были приведены к среднему значению для участков В, G и R, чтобы вводимые поправки соответствовали системе шестичерной фотометрии.

Результаты решения систем уравнений для участков спектра G и V представлены, соответственно, на рис. 1 и 2.

О точности полученных результатов можно судить по сумме квадратов остатков уравнений, которые оказались порядка 0.01 (в редких случаях они доходят до 0.02).

При переходе по формуле (4) к парциальным светимостям, соответствующим спектральным участкам шестичерной фотометрии, эти остатки иногда увеличиваются до двух раз. Но в среднем они порядка 2% интегральной светимости скопления, что может служить мерой точности полученных парциальных светимостей.

Как видно из рис. 1, в участке спектра G, близкому к обычному фотовизуальному, в распределении парциальных светимостей первое место по величине занимает светимость гигантов и субгигантов типа G. Второе и третье место занимают мало отличающиеся друг от друга светимости карликов типа G и гигантов типа K.

При переходе к участку V, близкому к обычному фотографическому, на первое место выступает светимость голубых звезд, затем идут светимости гигантов и карликов типа G.

Вообще при переходе от одного участка спектра к другому, картина распределения парциальных светимостей сильно меняется. Сравнительно мало меняются парциальные светимости желтых звезд, суммарная светимость которых колеблется в пределах от 40 до 60 процентов (общего излучения скопления), в зависимости от участка спектра, и всегда превосходят по величине парци-

альные светимости остальных типов звезд. Об этом свидетельствуют приведенные на рис. 3 распределения парциальных светимостей скопления М15 во всех участках шестичерной фотометрии.

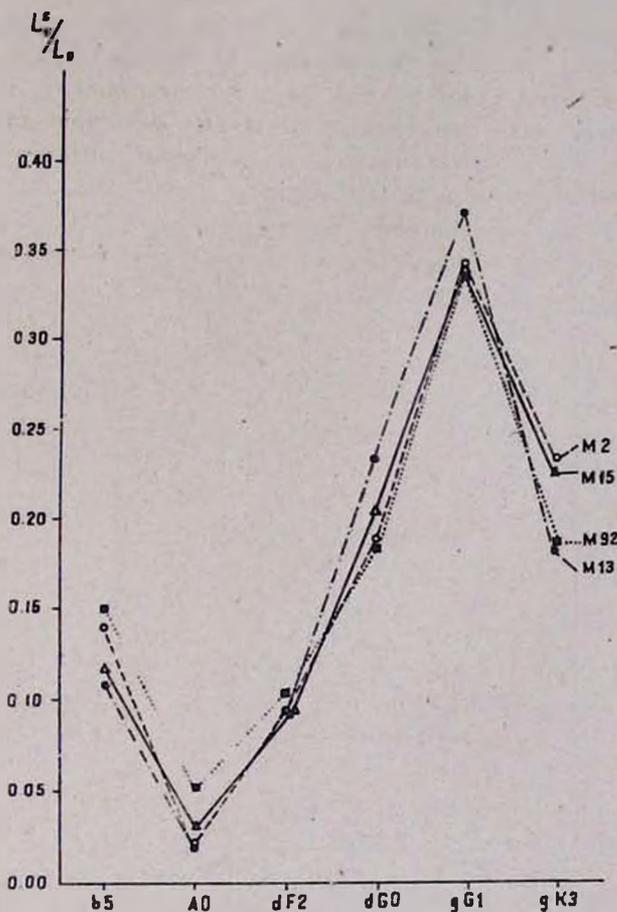


Рис. 1. Распределения парциальных светимостей М2, М13, М15 и М92 в желтых лучах

Таким образом мы приходим к выводу, что в излучениях шаровых скоплений основную роль играют желтые звезды. При этом светимость гигантов и субгигантов на протяжении всего спектра, за исключением участка U, превышает светимости карликов.

Распределения парциальных светимостей рассматриваемых скоплений, как видно из рисунков 1 и 2, довольно близки друг к другу. Это следует объяснить близостью значений их цветов, являющейся отчасти результатом селекции

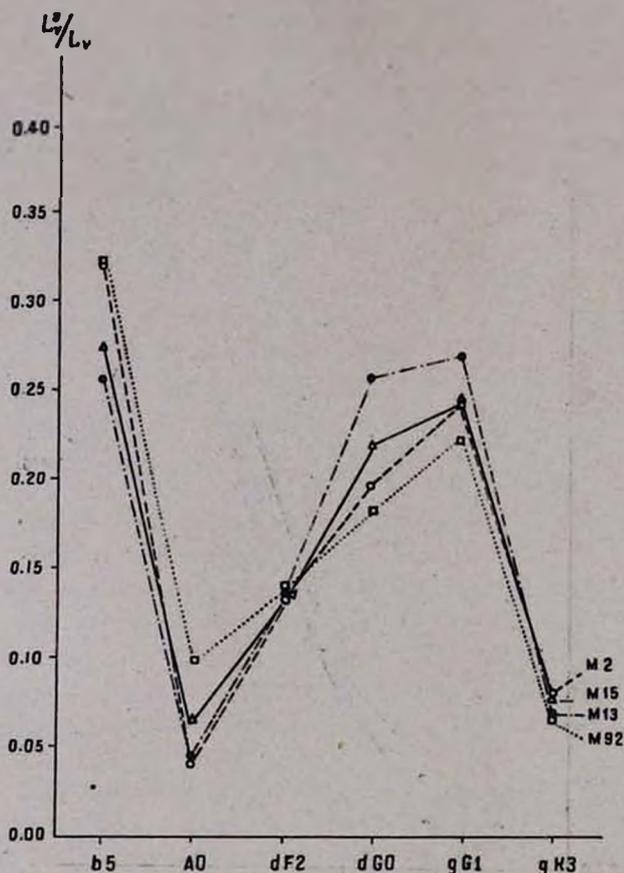


Рис. 2. Распределения парциальных светимостей M2, M13, M15 и M92 в синих лучах

этих объектов. Вообще же, судя по показателям цвета шаровых скоплений в системе  $S_2$  [7], цвета их, следовательно и распределения их парциальных светимостей, могут заметно отличаться друг от друга.

В этой связи интересно отметить, что при переходе от

системы  $C_2$  к интернациональной по специально выведенной в [8] формуле

$$C_{int.} = 2.62 (C_2 + 0.21)$$

для обычных показателей цвета рассматриваемых здесь скоплений получаются значения, заключенные между  $+0^m.37$  и  $+0^m.47$ . С другой стороны, для показателей цвета шаровых скоплений NGC 2419 и NGC 7492 получаются соответ-

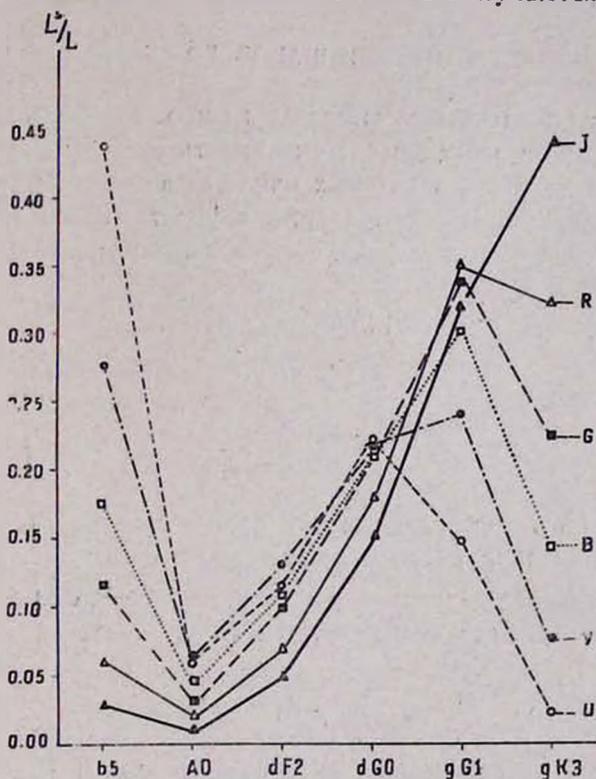


Рис. 3. Распределения парциальных светимостей M15 во всех участках шестичерной фотометрии

ственно  $+0^m.10$  и  $+0^m.03$ . При учете влияния межзвездного поглощения обычные показатели цвета этих скоплений становятся отрицательными. Судя по этому, истинный цвет их должен быть бело-голубой, характерный для рукавов спиральных галактик, звездное население которых сильно отличается от населения шаровых скоплений.

Несколько таких шаровых скоплений, как известно, имеется и в Магеллановых Облаках.

Возможно, что бело-голубые и обычные шаровые скопления находятся в различных стадиях развития, поэтому детальное исследование их звездного состава может дать ценные данные для освещения вопросов эволюции звездных систем.

#### § 4. ФУНКЦИЯ СВЕТИМОСТИ ШАРОВОГО СКОПЛЕНИЯ M92

По парциальным светимостям можно составить функцию светимости звездной системы вплоть до того типа звезд, суммарная светимость которых ощутима в интегральной светимости системы. В самом деле, для участка G, так же как для любого другого участка, можно написать:

$$\frac{L_G^s}{L_G} = 10^{0.4(M_G - M_G^s)}$$

отсюда

$$10^{-0.4 M_G^s} = 10^{-0.4 M_G} \frac{L_G^s}{L_G} \quad (5)$$

где  $L_G$  и  $L_G^s$  представляют собой соответственно интегральную и парциальную (соответствующую звездам типа s) светимости системы в участке G, а  $M_G$  и  $M_G^s$ —соответствующие им абсолютные величины. С другой стороны, можно положить

$$10^{-0.4 M_G^s} = \varphi(M_G^s) 10^{-0.4 M_G} \quad (6)$$

где  $M_G^s$  средняя абсолютная величина звезд типа s в участке G, а  $\varphi(M_G^s)$  число звезд системы, принадлежащих к указанному типу. Очевидно, по значениям  $\varphi(M_G^s)$  для ряда типов звезд можно построить приближенную функцию светимости системы.

Из (5) и (6) следует

$$\varphi(M_G^s) = 10^{0.4(M_G^s - M_G)} \frac{L_G^s}{L_G} \quad (7)$$

Логарифмируя (7), получим довольно удобную для вычисления формулу

$$\lg \varphi(M_G^*) = 0.4 (M_G^* - M_G) + \lg \frac{L_G^*}{L_G} \quad (8)$$

которая, очевидно, применима для любого участка спектра.

Таким образом, мы видим, что для составления функции светимости достаточно располагать относительными парциальными светимостями и абсолютными величинами системы в целом и населяющих ее типов звезд в каком-нибудь участке спектра.

В качестве примера мы попытались составить функцию светимости шарового скопления M92.

Кривая чувствительности интернациональной визуальной системы довольно близка к таковой участка G шестицветной фотометрии. Последняя по сравнению с первой несколько смещена в сторону красной части спектра, но полностью включает ее в себе.

Поэтому для составления визуальной функции светимости M92 мы воспользовались известными визуальными абсолютными величинами звезд разных типов и вычисленными в § 3 значениями относительных парциальных светимостей для участка G. Использование последних вместо парциальных светимостей в визуальной системе не повлияет заметно на получаемые результаты, так как грубые расчеты показывают, что требуемые поправки для перехода от системы G к визуальной незначительны.

В качестве визуальных абсолютных величин звезд были использованы нижеследующие значения:

$S_p$	gK3	gG1	A0	b	$\bar{g}G1$	dF2	dG0
$M_v$	-2.0	-1.0	0.0	+0.5	+1.5	+3.5	+5.0

взятые из диаграмм спектр-светимость хорошо изученных шаровых скоплений. Интегральная же абсолютная величина M92 была определена следующим образом.

Интегральная фотографическая видимая величина этого скопления, согласно [9], равна  $7^m.30$ , а показатель цвета в

системе  $S_2$ , согласно [7], равен  $-0^m 09$ . Переходя к интернациональной системе получим  $+0.31$ . Следовательно, интегральная визуальная видимая величина M92 будет  $6^m 99$ .

Наблюдаемый модуль расстояния этого скопления, согласно (10), равен  $15^m 24$ , поэтому визуальная абсолютная величина его будет  $-8^m 3$ .

Используя указанные значения абсолютных величин и полученные в § 3 парциальные светимости для участка G, по формуле (8) были вычислены значения  $\lg \varphi (M_0^*)$ . При этом общую парциальную светимость желтых субгигантов и гигантов мы разъединили, приняв отношение количеств этих звезд равным 5.5, исходя из данных функций светимости скоплений M3 [5] и M92 [6].

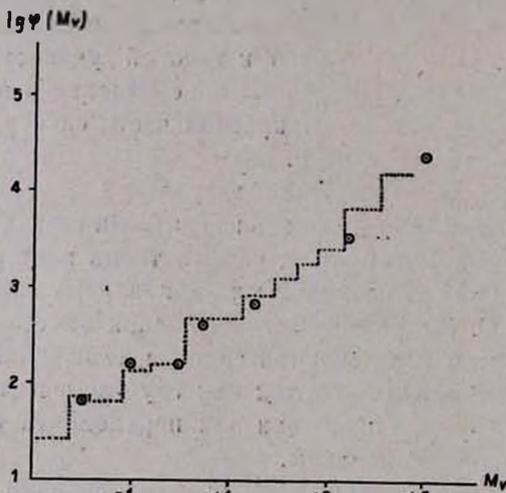


Рис. 4. Функция светимости M92

Для построения функции светимости полученные нами значения (представляющие собой числа звезд неодинаковых по величине интервалов абсолютных величин) были разделены на величины соответствующих им интервалов абсолютных величин.

Полученные таким образом результаты представлены на рис. 4 в виде кружков. Пунктирная линия на этом ри-

сунке представляет собой наблюдаемую функцию светимости  $M_{92}$ , взятую из [6],

Как видно из рис. 4, вычисленная функция светимости достаточно хорошо совпадает с наблюдаемой. Это в известной степени свидетельствует о реальности значений парциальных светимостей, полученных для рассмотренных в § 3 шаровых скоплений и, следовательно, о надежности предложенного здесь способа определения природы населения далеких звездных систем.

#### § 5. ПАРЦИАЛЬНЫЕ СВЕТИМОСТИ $M_{32}$ И ОБЛАСТИ БОЛЬШОГО ЯДРА $M_{31}$

Наблюдаемые цвета  $M_{32}$  и области большого ядра  $M_{31}$ , взятые из [2] и исправленные за влияние межзвездного поглощения способом, описанным в § 3, приведены ниже. Во втором столбце этой таблицы даны поперечники областей, к которым относятся приведенные цвета.

	d	U	V	B	G	R	I
$M_{31}$	+5.7	+0.35	+0.33	+0.21	+0.03	-0.23	-0.77
$M_{32}$	2.4	+0.66	+0.40	+0.22	+0.04	-0.25	-0.68

С достаточным основанием можно полагать, что общая структура диаграммы ГР для  $M_{32}$  и области ядра  $M_{31}$  сходна с таковой для шаровых скоплений. Однако значение отношения масса-светимость первых значительно больше (не менее, чем на один порядок) вгоры. Поэтому относительное количество карликов в  $M_{32}$  и в области ядра  $M_{31}$  должно быть несравнимо больше, чем в шаровых скоплениях и, следовательно, их суммарная светимость может оказаться ощутимой в интегральных светимостях  $M_{32}$  и области ядра  $M_{31}$ . Исходя из этого, ряд типов звезд, рассмотренных в § 3 (при определении парциальных светимостей шаровых скоплений), следует дополнить красными карликами, т. е. представить интегральные светимости  $M_{32}$  и области ядра  $M_{31}$  как сумму парциальных светимостей, соответствующих нижеследующим типам звезд:

$$b, A, dF, dG, gG, dK, gK, dM \text{ и } gM$$

В этом случае число неизвестных получается больше числа уравнений. Поэтому при решении систем уравнений, для определения парциальных светимостей, мы вынуждены были объединить попарно некоторые типы звезд, имеющих близкие цвета, путем введения в уравнения их средних цветов. В ходе решения систем уравнений выяснилось, что голубые и белые звезды не играют сколько-нибудь заметной роли в светимости области ядра М31. Роль белых звезд оказывается незначительной также в светимости М32, но голубые звезды здесь играют заметную роль.

Исходя из этого, мы, отбросив звезды *b* и *A* в случае М31 и звезды типа *A* в случае М32, снова решили системы уравнений, оставив в них только одну объединенную пару типов в случае М31 и две такие пары — в случае М32.

После решения общая светимость объединенных типов звезд тем не менее была разъединена, исходя из соотношения светимостей этих типов звезд, полученных в § 3 для шаровых скоплений. Затем значения светимостей разъединенных типов звезд уточнялись исходя из требования лучшего удовлетворения ими исходных уравнений.

Таким образом были определены парциальные светимости М32 и области ядра М31, соответствующих нижеследующим типам звезд:

*b*, *dF2*, *dG0*, *gG1*, *dK1*, *gK1*, *dM0* и *gM1*

Результаты решения для участков *G* и *V* представлены соответственно на рис. 5 и 6, как для всех указанных выше типов звезд в отдельности, так и для типов звезд без разделения их на гиганты и карлики.

Из рис. 5 видно, что в общем излучении области ядра М31 наибольшим в желтых лучах является парциальная светимость гигантов типа *K*. Далее по величине идут парциальные светимости гигантов и карликов типа *G*. Вообще суммарная светимость звезд типа *K* в общем излучении области ядра М31 доходит до 38% и является наибольшей. Но ей мало уступает суммарная светимость звезд типа *G*, ложащаяся до 35%, а звезды типа *M* дают всего 20% общего излучения области ядра М31.

В случае же М32, парциальная светимость М-гигантов по величине не уступает парциальной светимости К-гигантов. Им немного уступают парциальные светимости карликов и гигантов типа G. Но суммарная светимость последних все же несколько больше суммарной светимости звезд типа М, а последняя, в свою очередь, несколько больше суммарной светимости К-звезд.

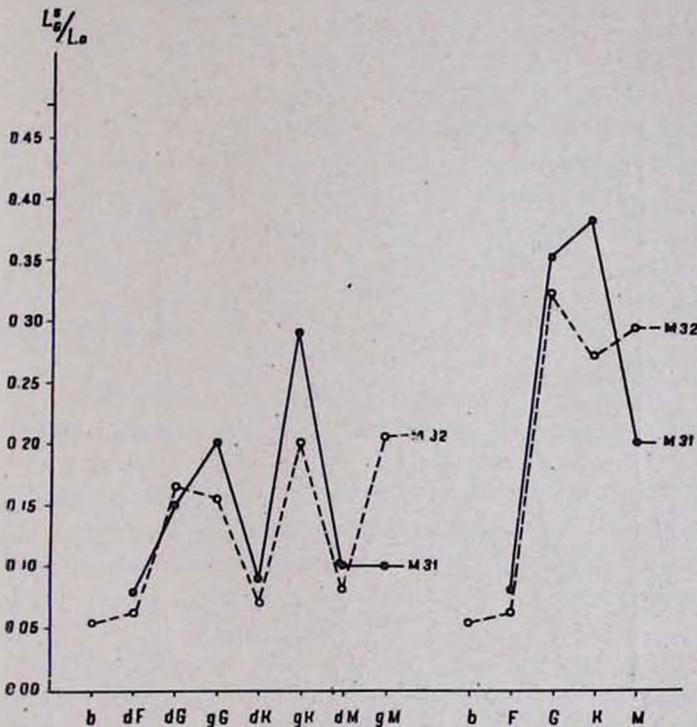


Рис. 5. Распределения парциальных светимостей М31 и М32 в желтых лучах

Стало быть в М32 гиганты типа М и голубые звезды представлены относительно больше, чем в области ядра М31, а в последней больше относительное количество К-гигантов.

Вообще же красные звезды в желтых лучах обуславливают большую часть интегральной светимости как М32, так и области ядра М31.

При переходе к фиолетовому участку спектра V (рис. 6), картина распределения парциальных светимостей сильно меняется. Четко выраженный максимум приходится на долю суммарной светимости звезд типа G.

Звезды типа K в этом участке спектра дают порядка четверти излучения области ядра M31 и одну пятую излучения M32. А звезды типа M в обоих случаях дают лишь десятую долю их излучений.

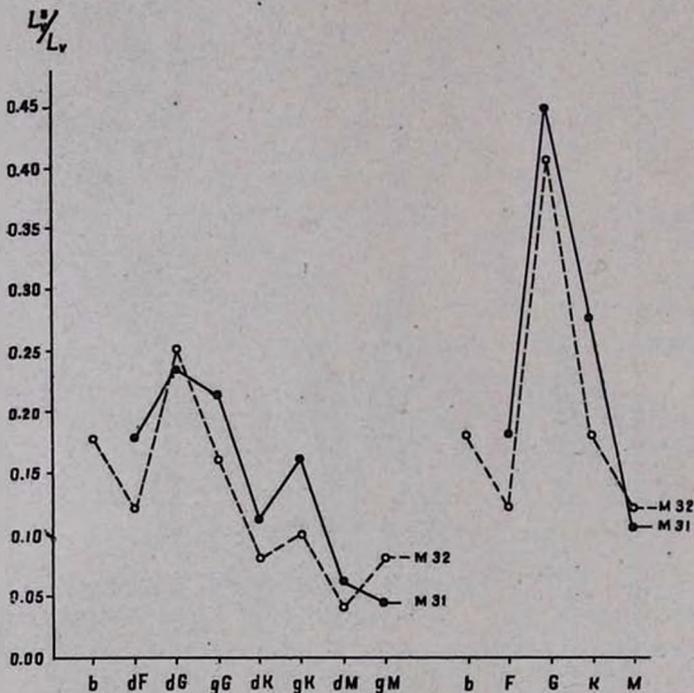


Рис. 6. Распределения парциальных светимостей M31 и M32 в синих лучах

Таким образом, мы приходим к выводу, что в длинноволновой области спектра—вплоть до зеленых лучей, большая часть излучения M32 и области ядра M31 обуславливают красные звезды, а в коротковолновой области спектра—до зеленых лучей, суммарная светимость красных звезд все же уступает суммарной светимости желтых звезд.

Последнее заключение отчасти противоречит классификации Моргана, отнесшего М31 и М32 к классу К [11], считая, что большую часть их излучения в фиолетовых лучах обуславливают гиганты типа К. Классификация Моргана основывается на анализе *спектральных линий* комбинированного спектра галактики. Однако вследствие разных средних глубин линий поглощения у звезд разных спектральных классов, определенный таким образом спектральный класс галактики, по-видимому, не всегда будет с достаточной точностью соответствовать спектральному типу, вносящему наибольшую долю в ее *непрерывный спектр*.

Если считать, что основное фиолетовое излучение М31 и М32 дают К-гиганты и принять во внимание то обстоятельство, что в этих объектах имеются также звезды типа М, то для получения их наблюдаемых цветов придется допустить наличие в них значительного числа звезд ранних спектральных типов. Но таких звезд, как известно, ни в М32, ни в области ядра М31 нет. Вообще в этих объектах мало звезд более ранних, чем типа G. Поскольку же светимость красных звезд, в основном, комбинируется со светимостью звезд типа G, последние в коротковолновой части спектра *должны обладать наибольшей суммарной светимостью, чтобы при комбинировании дать наблюдаемые цвета рассматриваемых объектов*. Именно об этом и говорят результаты наших вычислений, представленные на рис. 5 и 6.

Вместе с тем, нельзя отрицать возможность существования галактик, в фиолетовом излучении которых доминирующую роль играют звезды типа gK. Дело в том, что показатели цвета эллиптических галактик меняются в довольно широком диапазоне. По данным Петтита [12] и Стеббинса-Уитфорда [13], значения обычных показателей цвета сравнительно ярких эллиптических галактик находятся в пределах  $+0^m.6$  и  $+1^m.4$ . Указанный интервал, по-видимому, в действительности еще шире, так как пробные просмотры карт Паломарского атласа показывают, что среди слабых галактик, у которых можно заподозрить эллиптическую фор-

му, нередко встречаются объекты, показатели цвета которых выходят за вышеуказанные пределы.

Очевидно, такие сильные различия в показателях цвета эллиптических галактик можно объяснить заметными различиями в распределениях их парциальных светимостей, если полагать, что они, в основном, состоят из одних и тех же типов звезд. Светимости галактик с обычными показателями цвета порядка  $+1^m 3$  и более, если не полностью, то, по крайней мере, в основном, должны обуславливаться красными звездами, так как показатели цвета последних того же порядка и поэтому необходимость их комбинирования с более ранними звездами отпадает. Объекты с такими показателями цвета встречаются среди эллиптических галактик и галактик типа SO. В светимостях же галактик, показатели цвета которых меньше  $+0^m 6$ , решающую роль должны играть бело-голубые звезды, так как невероятно, чтобы галактики состояли исключительно из желтых карликов, обычные показатели цвета которых находятся в пределах  $+0^m 4$ — $+0^m 8$ . Небольшая примесь желтых и красных гигантов потребует значительного количества бело-голубых звезд, чтобы получить комбинированный показатель цвета меньше  $+0^m 6$ . Так именно обстоит дело в галактиках типов Sc и Магеллановых Облаков, в светимостях которых решающую роль играют голубые гиганты и сверхгиганты.

Но наряду с ними, как мы видели в § 3, существуют шаровые скопления, значительная часть светимостей которых должны обуславливать голубые звезды сравнительно низкой светимости. В принципе возможно существование такого рода редких объектов и среди эллиптических галактик.

#### § 6. ПАРЦИАЛЬНЫЕ СВЕТИМОСТИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ГАЛАКТИК M33, M51 И M101

M33, M51 и M101 — хорошо известные галактики с весьма развитой спиральной структурой. Шестицветная фотометрия произведена для их центральных частей с диафрагмой, вырезавшей области с поперечником  $3'.4$  [2]. Это зна-

чит, что измеренные области этих галактик выходят за пределы областей центральных ядер и охватывают значительные части спиральных рукавов. Поэтому в светимостях областей этих галактик, к которым относятся данные шестицветной фотометрии, заметную роль должны играть горячие гиганты и сверхгиганты. С другой стороны, следует полагать, что суммарные светимости красных карликов не будут ощутимы в светимостях рассматриваемых галактик, так как ядра последних, где в основном концентрируются эти звезды, очень малы и, как показывают исследования [14], дают всего 2—3% их общих излучений.

Исходя из вышеотмеченного, светимости рассматриваемых галактик можно представить суммой парциальных светимостей звезд нижеследующих типов:

B0, A0, dF2, dG0, gG1, gK1 и gM1

Но, поскольку в систему уравнений, по которым определяются парциальные светимости, можно вводить лишь шесть неизвестных, мы вынуждены были объединить красные гиганты, вводя в уравнения их средние цвета.

Решения систем уравнений, составленных для галактик M33, M51 и M101 (с учетом влияния межзвездного поглощения) получаются с ошибками, в два раза превышающими ошибки, получаемые при решениях в предыдущих случаях. Это значит, что распределения парциальных светимостей для них получаются менее уверенно. Отсюда следует, что выбранный ряд типов звезд не в состоянии удовлетворительно представить интегральные светимости этих галактик, которые хотя одного и того же класса, но, судя по их цветам и результатам решения, заметно отличаются друг от друга по распределению относительных количеств звезд разных типов. Так, например, роль голубых звезд весьма значительна в светимости M33, а красных звезд — в светимости M51. Для удовлетворительного представления индивидуальных светимостей этих галактик вышеприведенный ряд типов звезд следовало бы дополнить хотя бы звездами типа O и красными гигантами (или сверхгигантами) поздних подтипов.

Будучи лишенным такой возможности, мы нашли целесообразным привести здесь результаты решений, соответствующие средним цветам рассматриваемых галактик.

В этом случае решение получается с такой же точностью как и в предыдущих случаях, так как различия в распределениях парциальных светимостей этих галактик несколько сглаживаются и вышеприведенный ряд типов звезд, по-видимому, в общем неплохо представляет то население галактик типа Sc, которое в основном обуславливает их светимости.

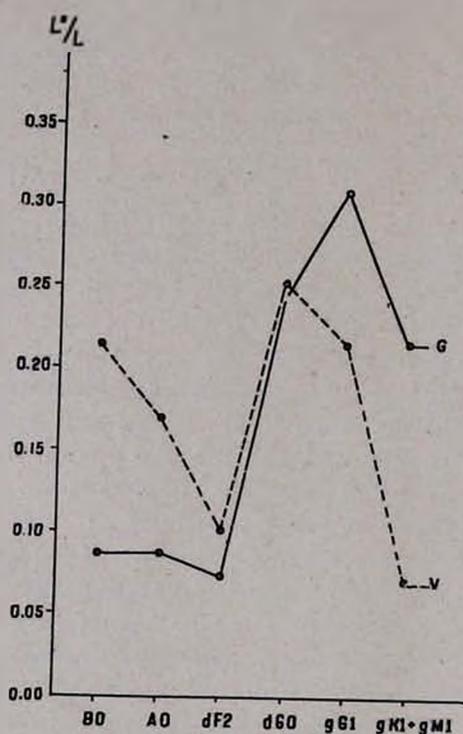


Рис. 7. Распределения парциальных светимостей галактик типа Sc в желтых и синих лучах

Результаты решения для участков спектра G и V приведены на рис. 7, которые как бы соответствуют средней галактике типа Sc. Из этого рисунка видно, что в желтых лучах излучение галактик типа Sc в основном обуслов-

ливают желтые звезды, дающие больше половины интегрального излучения системы. Пятую долю последнего обуславливают красные гиганты и примерно столько же бело-голубые звезды.

В фиолетовых лучах становится значительной роль голубых и белых звезд, которые обуславливают больше трети светимости галактики типа Sc. Тем не менее наибольшую долю в интегральные излучения галактик указанного типа вводят желтые звезды. А роль красных звезд в фиолетовых лучах сравнительно незначительна, хотя в отдельных случаях, как, например, в случае M51, она может оказаться заметной.

Вообще желтые звезды обуславливают наибольшую парциальную светимость. Они несколько уступают голубым и красным звездам соответственно в ультрафиолетовой и инфракрасной частях спектра. При этом до зеленой части спектра преобладает светимость желтых карликов, а дальше светимость желтых гигантов.

### З а к л ю ч е н и е

Расчеты, основанные на данных шестичетной фотометрии различного рода звездных систем: шаровых скоплений, эллиптической галактики, ядра спиральной галактики типа Sb и развитых спиральных галактик типа Sc, привели к конкретным результатам, характеризующим звездный состав рассмотренных систем. Полученные результаты, в достаточной мере освещенные в § 3, 4 и 5, позволяют делать некоторые выводы общего характера, на которых остановимся ниже.

1. Картина распределения парциальных светимостей, т. е. суммарных светимостей разных типов звезд, населяющих систему, сильно меняется при продвижении вдоль комбинированного спектра звездной системы. При этом наибольшие изменения претерпевают парциальные светимости, соответствующие голубым и красным звездам, а наименьшее — парциальные светимости, соответствующие желтым звездам.

Очевидно поэтому, что анализ небольшого участка комбинированного спектра не может уверенно и однозначно вскрыть природу и состав звездной системы.

2. В распределениях парциальных светимостей различных объектов имеются значительные различия. При переходе от одного типа объектов к другому сильнее всего меняются веса парциальных светимостей, соответствующих голубым и красным звездам. В большинстве случаев эти изменения имеют противоположный знак, в том смысле, что при увеличении парциальной светимости, обусловливаемой голубыми звездами, убывает парциальная светимость, обуславливаемая красными звездами, и наоборот.

Эти изменения настолько сильны, что иногда роль светимости голубых или красных звезд в общей светимости системы может практически свестись к нулю. Так обстоит дело, например, со светимостью голубых звезд в ядре М31, если они там вообще имеются. Судя по всему, роль светимости голубых звезд должна быть незначительна в интегральных светимостях эллиптических галактик и ядер спиральных галактик, обычные показатели цвета которых превышают  $+1^m$ .

С другой стороны, должна быть незначительна роль красных звезд в общих светимостях голубых внегалактических объектов [15], имеющих отрицательные показатели цвета.

3. В распределениях парциальных светимостей различных объектов наиболее стабильным является парциальная светимость желтых звезд, которая в фотографических и визуальных лучах почти всегда составляет от 40 до 50% общего излучения звездной системы. Им же за редкими исключениями соответствует максимум парциальных светимостей в указанном выше диапазоне спектра. В этом отношении исключение могут составлять голубые и очень красные объекты, у которых суммарная светимость голубых или красных звезд (смотря по тому, объект голубой или красный) может превзойти суммарную светимость желтых звезд.

Из изложенного следует, что картина распределения *парциальных светимостей* и, следовательно, распределение энергии в комбинированных спектрах звездных систем, в *сильной степени зависит от соотношения суммарных светимостей голубых и красных звезд*. Поэтому указанное соотношение может в известной степени характеризовать физическую природу звездной системы.

4. Оказывается, что *голубые звезды, являющиеся наиболее характерными объектами населения типа I, в достаточной мере представлены и в населении типа II*. Правда, в некоторых хорошо изученных шаровых скоплениях было обнаружено по 2—3 десятка голубых звезд, но фактически на роль и значение этих звезд, являющихся одним из немаловажных составляющих звездного состава населения типа II, не было обращено должного внимания. Это отчасти можно объяснить тем, что роль голубых звезд в населении типа II не столь выдающаяся, как роль голубых гигантов и сверхгигантов в населении типа I.

Приношу глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну за обсуждение результатов настоящей работы.

В вычислениях, выполненных для этой работы, принимала участие сотрудница сектора звездной астрономии Бюраканской обсерватории С. Н. Аракелян, за что выражаю ей свою благодарность.

Բ. Ե. ՄԱՐԿԱՐԻԱՆ

ԱՍՏՂԱՅԻՆ ՍԻՍՏԵՄՆԵՐԻ ԲՆԱԿԶՈՒԹՅԱՆ ԲՆՈՒՅԹԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՊԱՐՑԻԱԼ ԼՈՒՍԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ներկա աշխատանքում առաջարկվում է հետադոր աստղալին սխտեմների բնակչության կազմի որոշման մի եղանակ, որը հիմնվում է գունաչափական տվյալների վրա:

Առաջարկվող եղանակով որոշվել են M 2, M 13, M 15 և M 92 գնդաձև աստղակույտերի և M 31, M 32, M 33, M 51 և M 101 գալ-

ակտիկանների պարզիալ լուսատվութիւնների, այսինքն սիստեմը կազմող աստղերի առանձին սպեկտրալ դասերով պայմանավորված գումարային պայծառութիւնների բաշխումը, որի համար օգտագործվել է վեցդոլյանի լուսաչափության տվյալները:

Ստացված արդիւնքները տալիս են որոշակի պատկերացում վերոհիշյալ օբյեկտների աստղային ճնակչության կազմի մասին:

Պարզվում է, որ պարզիալ լուսատվութիւնների բաշխումը զգալի փոփոխութիւններ է կրում ինչպես միկնուէն օբյեկտի սպեկտրի մի տիրույթից մյուսին անցնելիս, այնպես էլ սպեկտրի նույն տիրույթի դեպքում մի տիպի օբյեկտից մյուսին անցնելիս: Ընդ որում ամենախիստ փոփոխութիւնների ենթարկվում են երկնագուն և կարմիր աստղերի պարզիալ լուսատվութիւնները: Համեմատաբար քիչ է փոփոխվում դեղին աստղերի պարզիալ լուսատվութիւնը, որոնք կապույտ և դեղին ճառագայթներում, ընդհանրապես, պայմանավորում են սիստեմի ինտեգրալ լուսատվութիւն  $40 - 50\%_{\text{ը}}$

Կապույտ ճառագայթներում G տիպի աստղերն իրենց գումարային պայծառությամբ գերազանցում են մյուս տիպերին բոլոր դիտարկված սիստեմներում, իսկ դեղին ճառագայթներում նրանք մասամբ զիջում են կարմիր աստղերին միայն M 32-ում և M 31-ի միջուկի տիրույթում:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, *Астрономический журнал*, **23**, 257, 1946, ДАН АрмССР, **3**, 39, 1945.
2. J. Stebbins and A. F. Whitford, *Ap. J.* **108**, 413, 1948.
3. J. Stebbins, *M. N.*, **110**, 416, 1950.
4. J. Stebbins, and A. F. Whitford, *Ap. J.*, **102**, 318, 1945.
5. A. R. Sandage, *A. J.*, **59**, 162, 1954.
6. R. J. Tayler. *A. J.*, **59**, 413, 1953.
7. J. Stebbins and A. F. Whitford, *Ap., J.*, **84**, 132, 1936.
8. J. Stebbins and A. F. Whitford, *Ap. J.*, **87**, 237, 1938.
9. W. H. Christie, *Ap. J.*, **91**, 8, 1940.
10. W. W. Baum, *A. J.*, **57**, 222, 1952.
11. W. W. Morgan, *P. A. S. P.*, **70**, 364, 1958.
12. E. Pettit, *Ap. J.*, **120**, 413, 1954.
13. J. Stebbins and A. F. Whitford, *Ap. J.*, **115**, 284, 1952.
14. Б. Е. Маркарян, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **24**, 3 и **25**, 15, 1958.
15. В. А. Амбарцумян, Р. К. Шахбазян, *ДАН АрмССР*, **25**, 185, 1957. и **28**, 277, 1958.

