

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 3

МАЙ, 1967

ВЫПУСК 2

ТРЕХЦВЕТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ КВИНТЕТА СТЕФАНА

А. Т. КАЛЛОГЛЯН, Н. А. КАЛЛОГЛЯН

Поступила 18 марта 1967

Приводятся результаты детальной трехцветной фотометрии всех галактик в квинтете Стефана. Определены интегральные звездные величины и показатели цвета $U-B$ и $B-V$. Дается распределение яркости и цветов по главным осям галактик. Построены диаграммы $U-B$, $B-V$ для каждой галактики.

Приводятся некоторые наблюдательные данные, говорящие, по-видимому, в пользу принадлежности NGC 7320 к системе Стефана.

Интерес к квинтету Стефана усилился после работы В. А. Амбарцумяна, в которой содержался вывод о динамической неустойчивости этой компактной системы [1]. На основании количественных расчетов Бэрбиджи подтвердили эту неустойчивость [2]. Как было отмечено одним из авторов [3], возражения Лимбера и Мэтью [4] относительно динамической неустойчивости квинтета Стефана, хотя и не лишены интереса, кажутся несколько искусственными.

К тому времени были известны радиальные скорости только четырех членов квинтета. Средняя радиальная скорость этих четырех галактик — NGC 7317, 7318a, 7318b и 7319, исправленная за вращение нашей Галактики, равняется $+6695$ км/сек. Радиальная скорость пятого члена квинтета — NGC 7320, определенная Бэрбиджами [5], оказалась равной $+1073$ км/сек, то есть мы должны считать, что NGC 7320 или является галактикой фона, или же она обладает относительно центра тяжести остальных членов скоростью, превосходящей 5000 км/сек.

Мы провели детальную трехцветную фотометрию всех галактик в квинтете с надеждой получить дополнительные сведения об этой интересной системе галактик.

1. *Некоторые данные о квинтете Стефана.* В табл. 1 собраны некоторые имеющиеся данные о галактиках в квинтете Стефана. Мор-

фологические типы даются по де Вокулёру [6], радиальные скорости и спектральные типы первых четырех галактик взяты из [7], а интегральные величины и показатели цвета из [8].

При средней радиальной скорости первых четырех галактик в $+6695$ км/сек расстояние квинтета (при постоянной Хаббла 75 км/сек на 1 мпс) равняется 89 мпс. На этом расстоянии $1''$ — 433 пс.

Галактическая широта квинтета $b = -21^\circ$. По исследованиям А. С. Шарова [9] поглощение в фотографических лучах в этом направлении 2^m4 на 1 кпс.

Таблица 1

№№	NGC	Тип	$m_{\text{рк}}$ по Петтиту	CI	V_r (км/сек)	Sp
1	7317	E4	15^m21	$+0^m92$	-7014	G5
2	7318a	E2p	14.75	1.05	6916	G5
3	7318b	SB (s) sp	15.01	1.07	5916	G5
4	7319	SB (s) sp	13.65	0.69	6935	G0
5	7320	SA (s) bsp	—	—	1073	—

Просмотр снимков квинтета показывает, что спиральные рукава NGC 7318b и 7319 весьма деформированы и простираются далеко за пределы квинтета. Однако NGC 7320 кажется нормальной, недеформированной галактикой. Это единственная галактика в системе, для которой можно определить ориентацию плоскости симметрии в пространстве.

Размеры системы Стефана при расстоянии 89 мпс—около 140 кпс, учитывая и далеко простирающиеся спиральные рукава NGC 7319. Отметим еще, что NGC 7320 обладает слабым, расплывчатым ядром.

2. Наблюдательный материал и методика обработки. Снимки в трех цветах были получены на метровом телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории. В ультрафиолетовых лучах были использованы пластинки Agfa Spezial с фильтром UG—2. В синих лучах снимки сделаны на пластинках Agfa ZU—2 с фильтром GG—13. В визуальных лучах использованы пластинки Eastman Kodak IIa—D через фильтр GG—11.

Внефокальные изображения звезд открытого скопления NGC 7686 [10] использовались для построения характеристических кривых.

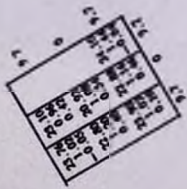
Измерения изображений галактик квинтета производились методом сплошной фотометрии. С этой целью для каждой галактики установка пластинки на столике микрофотометра производилась заново,



Квинтет Стефана в лучах В. Север сверху, восток слева.

Масштаб: 7,3 на 1 мм

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТОВ ПО ГАЛАКТИКАМ
КВИНТЕТА СТЕФАНА

[illegible][illegible]

а перемещения в каждом случае велись параллельно большим осям галактик так, чтобы центральная часть галактики попадала в одну диафрагму. Размер применяемой диафрагмы, при масштабе телескопа 97" на 1 мм, равняется 9.7×9.7 .

Поскольку трудно провести границу между компонентами взаимодействующей пары NGC 7318a и NGC 7318b, мы нашли целесообразным представить измерения этой системы вместе. Измерения в этом случае производились по параллельным перемычке NGC 7318b разрезам.

Средняя квадратичная ошибка определения поверхностных яркостей оказалась ± 0.07 для всех трех цветов.

Специального исследования нашей цветовой системы не производилось. Однако по характеристическим кривым, построенным по звездам NGC 7686, где много и белых, и красных звезд, существенного отличия от системы *UBV* не получилось. Мы полагаем, что наша цветовая система почти совпадает с принятой системой *UBV*.

3. Обсуждение полученных результатов. Результаты измерений поверхностных яркостей и показателей цветов приведены в виде карты, данной на вкладном листе. На ней каждой из измеренных площадок соответствуют три числа. Верхнее число выражает поверхностную яркость, средняя строчка — показатель цвета $B-V$, а нижняя — $U-B$.

Система прямоугольных координат для каждой галактики построена отдельно. Отсчет $X=0$, $Y=0$ относится к ядрам галактик. Каждый квадрат на карте представляет диафрагму со стороной 9.7. Таково же расстояние между центрами соседних квадратов, так что измеренные площадки располагаются вплотную друг к другу. Поскольку измерения NGC 7318a и NGC 7318b представлены вместе, поэтому на карте в области этих галактик выделяются две яркие площадки, относящиеся к ядрам этих галактик. Юго-западная яркая точка соответствует центральной части NGC 7318a.

Пустые квадраты на карте соответствуют областям проектирующихся звезд. Направление экваториальных осей указано на карте.

а. Интегральные звездные величины и цвета. На основании карты распределения яркости вычислены интегральные звездные величины и интегральные показатели цвета $B-V$ и $U-B$. Полученные данные, вместе с данными Петтита [8], приведенные по уравнениям в [6] к системе *UBV*, содержатся в табл. 2. Как видно из таблицы, соответствие наших данных с результатами Петтита в общем неплохое, если учитывать различия в размерах площади, покрытой изме-

рениями, и возможные ошибки, возникающие при переходе от одной цветовой системы к другой. По непонятным причинам имеется большое расхождение в случае интегральной величины NGC 7319, достигающее до 1^m . По-видимому, оценка Петтита ошибочна, поскольку эта галактика никак не может быть ярче NGC 7318 (a + b), как это получилось у него.

В последней части таблицы приводятся неопубликованные данные одного из авторов, полученные по снимкам $21''$ Шмидта Бюраканской обсерватории (в международной системе).

Таблица 2'

NGC	Петтит			А. и Н. Каллогляны				А. Каллоглян			
	B	B-V	A	B	B-V	U-B	размеры		mpg	CI	размеры
7317	$15^m.57$ 15.17	$+0^m.95$ 0.90	0.3 0.7	15.44	+1.12	+0.43	0.5		$16^m.12$	$+1^m.01$	$0.2'$
7318 (a + b)	13.89 13.84	0.97 0.91	1.1 1.3	13.67	0.80	0.13	1.7 1.3	14.38	0.81	1.0	0.6
7318a	15.35 15.10 14.68	1.07 1.04 1.00	0.3 0.4 0.6	15.1	1.1	0.4	0.5		16.05	1.06	0.2
7318b	15.30 14.93	1.11 1.01	0.3 0.7	14.0	0.7	0.1	1.7 1.3	16.02	1.09	0.2	
7319	13.67	0.73	1.3	14.70	0.98	0.17	1.0 1.0	15.78	0.82	0.6	0.2
7320	—	—	—	13.62	0.48	0.00	1.9 1.0	13.70	0.40	1.1	

Результаты, полученные с помощью метрового и $21''$ телескопов, не противоречат друг другу, если учесть различия в размерах площадей, покрытых измерениями.

6. *Распределение яркости и цветов.* NGC 7317 — эллиптическая галактика типа E4. Она находится на расстоянии свыше $2'$ от геометрического центра квинтета. В линейной мере этому соответствует 6×10^4 пс. NGC 7317 не показывает заметных следов деформации, подобных тем, которые четко видны в NGC 7319 и 7318b.

Близлежащая к ядру яркая звезда помешала измерению нескольких точек в галактике. По данным карты распределения цветов яркость галактики в центральных ее частях обуславливается оранжево-красными звездами. Однако в периферийных частях $U-B$ становится даже отрицательным. Яркость галактики в этих точках определяется, по-видимому, некоторой примесью белых звезд. Такое изменение состава звездного населения наблюдается и в других эллиптических галактиках [11]. NGC 7317 по своим интегральным цветам $B-V = +1^m.12$ и $U-B = +0^m.43$ является типичной эллиптической галактикой. Эти зна-

чения показателей цвета находятся в хорошем согласии со средними их значениями для эллиптических галактик, определенных в [12].

Поверхностная яркость центральной части галактики, согласно данным карты распределения равняется $20.92 \frac{B}{\square}$. В соседних площадках вокруг центральной части поверхностная яркость слабеет сразу на 2^m .

NGC 7318a и b. NGC 7318a является пекулярной эллиптической галактикой, погруженной в спиральный рукав NGC 7318b. Как было сказано, из-за трудности точного разделения этих двух галактик при фотометрии, на карте распределения яркостей и цветов для обеих галактик дается совместная картина. Интегральные показатели цвета (табл. 2) хорошо согласуются с соответствующими морфологическими типами обеих галактик.

Как видно из карты распределения показатель цвета $B-V$ в некоторых точках NGC 7318b снижается до $+0^m2$, а $U-B$ до -0^m5 . Эти участки галактики находятся вне ее основного тела и, естественно, соответствуют спиральным рукавам.

Поверхностная яркость ядерной части NGC 7318b равна $20.85 \frac{B}{\square}$, а NGC 7318a— $20.80 \frac{B}{\square}$. Интересно, что эти величины в пределах ошибок совпадают с поверхностной яркостью центральной части NGC 7317 ($20.92 \frac{B}{\square}$). Показатели цвета центральных частей этих трех галактик также совпадают друг с другом, указывая на то, что состав звездного населения в них одинаков.

На рис. 1 приводится распределение яркости и цветов вдоль направления перемычки NGC 7318b. Расстояния от ядра галактики отложены по оси абсцисс. На оси ординат слева отложены поверхностные яркости, а справа—показатели цвета. Пунктирная кривая относится к показателям цвета $U-B$, а сплошная— $B-V$. Яркость по обеим сторонам от ядра падает симметрично до расстояния 0.4 от ядра, после чего правая ветвь кривой (северная половина галактики) идет выше левой. Такое различие объясняется наличием вторичной спиральной ветви в северной половине галактики. Эта ветвь, которая, как бы, исходит из восточного основного рукава NGC 7318b и простирается в обратном ему направлении, на расстоянии около $1'$ от ядра к северу перекрещивается со слабым продолжением того же восточного рукава, после одного оборота последнего вокруг ядра. По

данным карты распределения яркости и цветов звездный состав этой вторичной ветви одинаков с таковым основного восточного рукава. Цвет короткого рукава между NGC 7318b и NGC 7318a является более красным.

В двух точках по обе стороны от ядра измерены поверхностная яркость и цвета перемычки NGC 7318b. Поверхностные яркости этих двух точек точно равны друг другу— $21.97 \frac{B}{\square}$. Если учесть галактическое поглощение по $A_{pg} = 0.25 \text{ сосесb}$, то поверхностная яркость перемычки окажется $21.2 \frac{B}{\square}$. В пределах 0^m3 это значение совпадает со средним значением поверхностной яркости перемычек спиральных галактик SB, полученным в [13] фотометрическим и статистическим методами. Эта разница еще уменьшится, если учесть, что в [13] поверхностные яркости приводятся в международной системе.

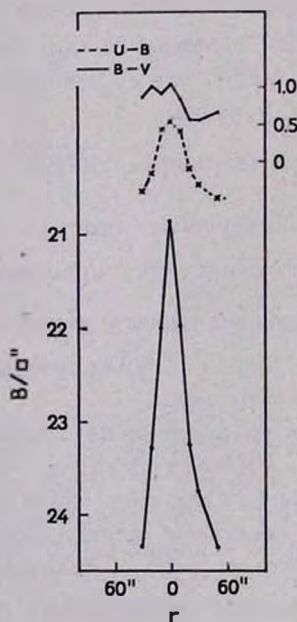


Рис. 1. Распределение яркости и цветов вдоль перемычки NGC 7318b.

NGC 7319. Галактика принадлежит к типу SB(s)sp с сильно деформированными спиральными рукавами, простирающимися до 2.5 от геометрического центра квинтета. Один из рукавов галактики, находящийся дальше от центра квинтета является как бы раздвоенным, но

относительно ярким. Другой рукав, ближе к центру квинтета, обладает низкой яркостью. Вообще, эта сторона галактики менее ярка, чем противоположная сторона. Это видно и по снимку и по карте распределения при продвижении по разрезам, параллельным перемычке. Разница в яркостях составляет в среднем 0^m4 . Это вряд ли может быть результатом поглощения внутри галактики.

Яркость центральной части NGC 7319 на 0^m4 слабее яркости ядерных частей NGC 7317 и NGC 7318a и b и равняется $21.32 \frac{B}{\square}$. Интересно, что и средняя яркость перемычки NGC 7319 слабее перемычки NGC 7318b на 0^m3 .

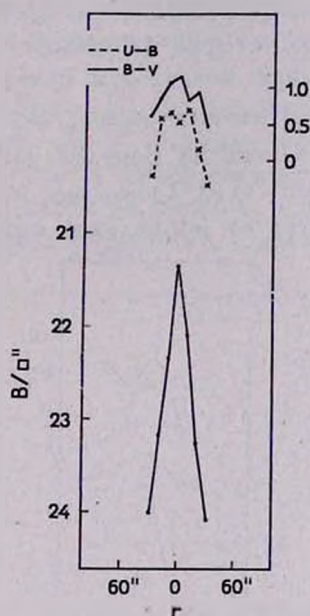


Рис. 2. Распределение яркости и цветов вдоль перемычки NGC 7319.

На рис. 2 дается распределение яркости и цветов вдоль перемычки NGC 7319. Как видно, распределение яркости в этом сечении симметрично по обе стороны от ядра. Некоторая асимметрия существует в распределении цветов. Значение показателя цвета $U-B$ ядерной части меньше, чем в соседних точках перемычки. Эта разница составляет около 0^m2 . Распределение $B-V$ более симметричное, хотя и здесь наблюдается некоторая асимметрия. Наряду с этим есть определенное посинение галактики при продвижении вдоль перемычки.

NGC 7320. Эта галактика типа SA(s) вср до последнего времени молчаливо считалась членом квинтета. Однако, как это мы отметили выше, после работы Бэрбиджей [5] стало известно, что ее радиальная скорость на более чем 5000 км/сек меньше средней радиальной скорости остальных четырех галактик системы. При расстоянии, соответствующем $V_r = 1073$ км/сек диаметр галактики получается около 6 кпс, а плотность в радиусе 1.63 кпс порядка 10^{-21} г/см³, что почти на два порядка выше средней плотности нормальных спиральных галактик. Однако по внешнему виду NGC 7320 кажется нормальной спиралью и желательно проверить это по результатам трехцветной фотометрии.

Результаты измерения представлены на карте распределения. Звезда, спроектированная на центральную часть галактики, к сожалению, помешала измерению четырех площадок.

Интегральная звездная величина и показатели цвета NGC 7320 по данным табл. 3 соответственно равны: $B = 13^m 62$, $B - V = +0^m 48$, $U - B = 0^m 0$. Для Sc галактик де Вокулёр (12) в среднем получил: $B - V = +0^m 54$, $U - B = -0.12$. Очевидно, что по звездному составу NGC 7320 мало отличается от нормальных спиралей типа Sc.

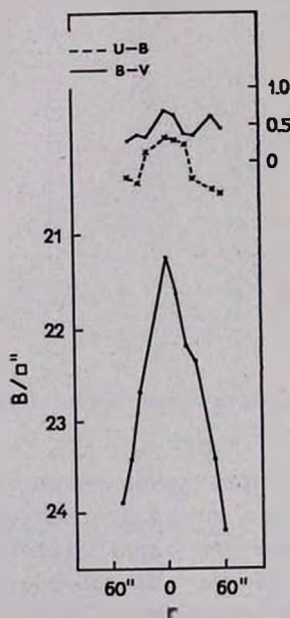


Рис. 3. Распределение яркости и цветов по большой оси NGC 7320.

На рис. 3 дается распределение яркости и цветов по большой оси галактики. В распределении яркости существует явно выраженная

асимметрия. Хотя с левой стороны кривой не измерены яркости двух точек, тем не менее очевидно, что яркости точек правой стороны (северо-западная половина галактики, ближе к центру квинтета) ярче соответствующих точек левой стороны (юго-восточная половина галактики, дальше от центра квинтета). Эта особенность выявляется почти во всех разрезах параллельных большой оси. По интегральной звездной величине северо-западная половина на $0^m.25$ ярче юго-восточной.

Некоторая аномалия наблюдается также в распределении цветов вдоль большой оси галактики. Так, например, ядро галактики обладает наибольшим $B-V$ цветом, тогда как распределение $U-B$ в центральных частях более пологое. Грубо говоря, это, по-видимому, означает, что белая составляющая в центральных частях галактики имеет довольно однородное распределение.

в. *Диаграммы $U-B$, $B-V$* . На рис. 4—6 приводится распределение на диаграмме $U-B$, $B-V$. Каждая точка соответствует некоторой измеренной площадке в изображениях галактик. Поправки за поглощение в нашей Галактике не введены. Сплошная кривая изображает зависимость для звезд главной последовательности.

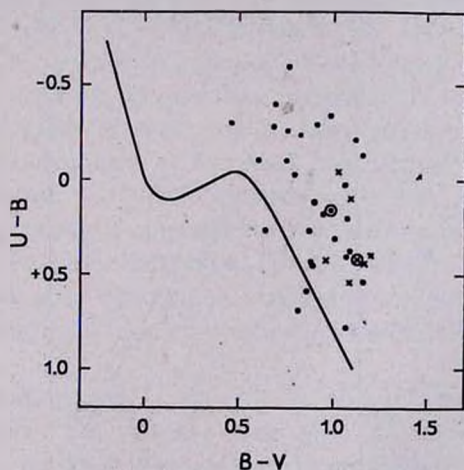


Рис. 4. Диаграмма $U-B$, $B-V$: ●—NGC 7319, ×—NGC 7317, ⊙—интегральные $U-B$, $B-V$ NGC 7319, ⊕—интегральные $U-B$, $B-V$ NGC 7317.

Из рисунков видно, что, в отличие от диаграмм, построенных для интегральных цветов разного типа галактик [12], здесь имеется довольно большая дисперсия. Однако в обоих случаях точки, в основном, располагаются выше кривой главной последовательности. Точки, обведенные кружками и соответствующие интегральным показателям

цвета галактик квинтета располагаются выше или близко от этой кривой.

Естественно считать, что большая дисперсия на диаграммах является результатом наличия в галактиках звезд разных спектральных типов и изменения их относительного количества от точки к точке.

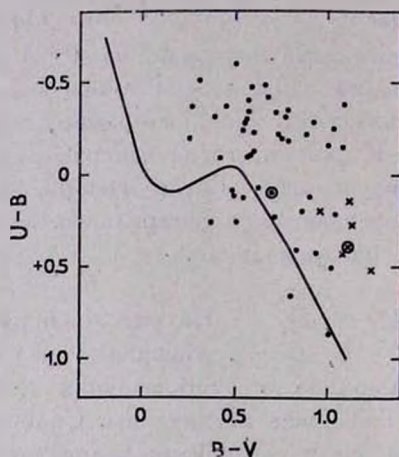


Рис. 5. Диаграмма $U-B$, $B-V$: $\bullet$ —NGC 7318b, $\times$ —NGC 7318a, $\odot$ —интегральные $U-B$, $B-V$ NGC 7318 b, $\otimes$ —интегральные $U-B$, $B-V$ [NGC 7318a].

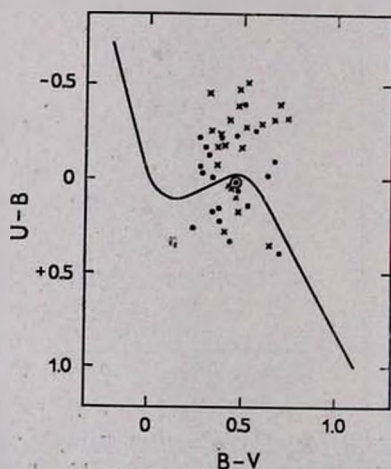


Рис. 6. Диаграмма $U-B$, $B-V$: NGC 7320. $\times$ —точки северо-западной половины, $\bullet$ —точки юго-восточной половины, $\odot$ —интегральные $U-B$, $B-V$.

На рис. 6 крестиками обозначены точки, соответствующие северо-западной половине (ближе к центру квинтета) NGC 7320. Здесь хорошо видно, что эта сторона галактики является определенно более

голубой, чем противоположная ее половина. По характеру распределения кажется, что на яркость в U лучах накладывается какое-то дополнительное излучение. В связи с этим не лишено интереса то обстоятельство, что эмиссия в H_2 , согласно Бэрбиджам [5] целиком относится к северо-западной половине галактики. Юго-восточная половина галактики лишена каких-либо следов эмиссии в H_2 . По-видимому, избыток излучения в ультрафиолете и приводит к появлению H_2 эмиссии в близкой к центру квинтета половине NGC 7320.

4. *О принадлежности NGC 7320 к системе Стефана.* Является ли NGC 7320 физическим членом системы Стефана или она находится на расстоянии скопления галактик в Деве? В случае, если эта галактика принадлежит квинтету, нужно допустить, что она покидает его с огромной скоростью. Если же она является галактикой фона, то оказывается очень плотной карликовой галактикой. Так или иначе ответ на вопрос представляет значительный интерес. Однако необходимо тут же подчеркнуть, что пока трудно дать определенный ответ на поставленный вопрос. Можно только попытаться найти аргументы в пользу той или иной возможности.

Единственным, но, пожалуй, довольно серьезным аргументом против принадлежности NGC 7320 к системе Стефана является ее радиальная скорость. Наблюдаемый невозмущенный внешний вид галактики не может являться свидетельством этой возможности, поскольку нам не известны подробности механизма возмущения в группах галактик. Мы не знаем, например, всегда ли должны наблюдаться возмущения в галактиках, удаляющихся с большой скоростью от данной группы. Ведь большая разница в лучевых скоростях делает весьма вероятным, что расстояние от центра группы по лучу зрения в несколько раз больше, чем расстояние в картинной плоскости.

Ниже мы приводим некоторые наблюдательные данные, говорящие, на наш взгляд, в пользу принадлежности NGC 7320 системе Стефана.

По показателям цвета $U-B$, $B-V$ NGC 7320 является нормальной галактикой типа Sc. Между тем при расстоянии 14.3 мпс она оказывается очень плотной карликовой галактикой с диаметром около 6 кпс и можно было ожидать некоторые различия в звездном составе по сравнению с нормальными Sc.

Определим отношение f массы к свитимости в области, где масса определена в [5], взяв светимость согласно данным настоящей работы. При расстоянии 14.3 мпс $f=12$, а при расстоянии квинтета $f=1.8$. Показатели цвета $U-B$ и $B-V$ находятся в согласии со второй оценкой, то есть когда NGC 7320 является членом квинтета..

Это соответствие подтверждается также посредством зависимости, полученной Холмбергом [14] между истинным показателем цвета и отношением массы к светимости галактик. По этой зависимости, используя показатель цвета в международной системе (данные 21" телескопа в табл. 2) и вводя соответствующие поправки за покраснение в нашей Галактике, за наклонение самой галактики и за красное смещение по [15], для отношения массы к светимости NGC 7320 получаем значение 1.5. Как видно, согласие очень хорошее.

Избыток излучения в цвете U в близкой к центру квинтета половине галактики вряд ли может быть случайным. Хотя и трудно объяснить это явление, однако, кажется, что сам факт его существования говорит в пользу принадлежности NGC 7320 к квинтету.

Известно, что члены квинтета являются галактиками очень высокой светимости. В следующей табличке приводятся абсолютные величины пяти галактик при $H=75$ км/сек на мпс, исправленные за галактическое поглощение. Видимые звездные величины взяты из табл. 2. Получается, что NGC 7320 является ярчайшей галактикой в группе. Однако по светимости она мало отличается от NGC 7318b. Интересно, что эти две галактики с отличающимися от остальных радиальными скоростями являются наиярчайшими среди других.

NGC	M_b
7317	$-20.^m1$
7318a	-20.4
7318b	-21.5
7319	-20.8
7320	-21.9

Как на наших снимках, так и на картах паломарского атласа не видно более или менее ярко выраженных звездных ассоциаций. Между тем, на расстоянии скопления в Деве они хорошо видны в галактиках типа Sc. К тому же, как это отмечают Бэрбиджи, по виду HII узлов также мало вероятно, чтобы NGC 7320 находилась на этом расстоянии.

При принадлежности NGC 7320 квинтету Стефана наличие большой дисперсии скоростей, по-видимому, не должно нас смущать, так как нам известен случай тройной системы NGC 3481, 3483 и анонимной галактики, физическая связь которых не вызывает сомнения, где дисперсия скоростей того же порядка, что и в квинтете Стефана.

Таким образом, некоторые наблюдательные данные как будто говорят в пользу того, что NGC 7320 является физическим членом квинтета. Если только величина радиальной скорости этой галактики определена верно, то скорость расширения порядка 6000 км/сек потребует колоссальных энергетических процессов. Кинетическая энергия NGC 7320 окажется $> 7 \times 10^{41}$ эрг.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THREE-COLOR PHOTOMETRY OF STEPHAN'S QUINTET

A. T. KALLOGHILIAN, N. L. KALLOGHILIAN

The results of a detailed three-color photometry of the galaxies in Stephan's Quintet are presented. The integral magnitudes, $U-B$, $B-V$ colors and the distribution of brightness and color along the main axes of the galaxies are given. $U-B$, $B-V$ diagrams are constructed for all five galaxies.

Some observational data suggest that the NGC 7320 apparently is a physical member of the system.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. А. Амбарцумян, Изв. АН АрмССР (физ.-мат. серия) 11, № 5, 9, 1958.
2. G. R. Burbidge, E. M. Burbidge, Ap. J., 130, 15, 1959.
3. А. Т. Каллохлян, ДАН АрмССР, 34, 19, 1962.
4. D. N. Limber, W. G. Mathews, Ap. J., 132, 286, 1960.
5. E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, Ap. J., 134, 244, 1961.
6. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, Reference catalogue of Bright Galaxies, 1964.
7. M. L. Humason, N. U. Mayall, A. R. Sandage, A. J., 61, 97, 1956.
8. E. Pettit, Ap. J., 120, 413, 1954.
9. А. С. Шаров, Астрон. ж., 40, 900, 1963.
10. А. А. Hoag, H. L. Johnson, B. Iriarte, R. I. Mitchell, K. L. Hallan, S. Sharpless, Publ. U. S. Naval obs., Vol. XVII, part VII, 1961.
11. Б. Е. Маркарян, Э. Я. Оганесян, С. Н. Аракелян, Астрофизика, 1, 38, 1965.
12. G. de Vaucouleurs, Ap. J., Suppl. ser., vol. V, № 48, 233, 1961.
13. А. Т. Каллохлян, Сообщ. Бюр. общ., 33, 19, 1963.
14. E. Holmberg, Arkiv f. Astron., 3, Häfte 5, 1965.
15. E. Holmberg, Meddelande Lund Astr. obs., Ser. II, № 136, 1958.