

Б. Е. Маркарян

ДВОЙНАЯ ГАЛАКТИКА М 51

Двойная галактика М 51 представляет большой интерес благодаря особенностям строения составляющих ее галактик NGC 5194 и NGC 5195 и наблюдаемой между ними связи. Первая из этих галактик, являющаяся развитой спиральной системой, связана со второй, являющейся пекулярной эллиптической галактикой, посредством одного из своих спиральных рукавов (см. фото).

Эти галактики, расстояние между центрами которых не более $4'$, имеют мало отличающиеся друг от друга радиальные скорости (546 км/сек и 650 км/сек соответственно). Помимо этого, вокруг них в достаточно большой области не наблюдаются галактики, близкие к ним по яркости или по радиальной скорости.

Исходя из этого, М 51 с достаточным основанием можно считать физической двойной системой. Однако отсюда еще не следует, что наблюдаемая между ее компонентами связь посредством спирального рукава реальна. Вопрос этот имеет принципиальное значение и нуждается в освещении.

Настоящая статья посвящена результатам колориметрического исследования компонентов системы М 51 и вопросу о природе связи между ними.

§ 1. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Наблюдения М 51 велись на $21''$ — $21''$ телескопе системы Шмидта в фотографических и визуальных лучах соответственно на пластинках „Kodak OaO“ и „OaE“, последние —

через желтый светофильтр GG 11. Наряду с изучаемыми галактиками с одинаковыми экспозициями и в одинаковых условиях производилось фотографирование звезд NPS вне фокуса. С помощью последних строились характеристические кривые, позволявшие определять почернения и перейти к звездным величинам с квадратной секунды дуги для различных площадок галактик.

Изучаемые галактики обычно фотографировались на зенитных расстояниях, близких к зенитному расстоянию полюса, так что поправки за атмосферную экстинкцию не превосходили $0^m.06$.

Измерения почернений производились на объективном микрофотометре Цейсса, с употреблением диафрагмы, вырезающей на пластинках квадратные площадки со стороной, равной $17''$.

Из полученного ряда снимков для измерения были отобраны наиболее удачные — по два комплекта в фотографических и визуальных лучах, на которых измерения почернений производились сплошным образом, т. е. определялись оптические плотности всех площадок изучаемых галактик, образующихся при проведении линий вдоль α и δ через интервал $17''$. Это осуществлялось путем смещения столика микрофотометра посредством двух координатных движений, обеспечивающих точность смещения в пределах 4—5 микронов.

При измерениях почернений точно одинаковая установка пластинок на столике микрофотометра достигалась с помощью выбранных в качестве „реперов“ звезд вокруг измеряемых галактик.

Таким образом, на двух парах пластинок были определены яркости в фотографических и визуальных лучах около 800 площадок, сплошным образом покрывающих всю область изучаемой двойной галактики.

Определенные по разным пластинкам яркости соответствующих площадок находятся в исключительно хорошем согласии. Среднеквадратичное отклонение звездных величин соответствующих площадок как в фотографических, так и в визуальных лучах не более $\pm 0^m.04$, поэтому средне-



M 51 (NGC 5194—5).

квадратичную ошибку полученных показателей цвета можно принять равной $\pm 0^m.06$. Следует здесь отметить, что, помимо известных ошибок, присущих фотографическому методу, в этом случае появляются дополнительные ошибки в связи с тем, что нельзя добиться абсолютно одинаковой установки пластинок на столике микрофотометра. Однако пробные установки и измерения одних и тех же пластинок показали, что ошибки при исключительной тщательности установки настолько малы, что можно ими пренебречь.

Специальное изучение показало, что комбинация используемых камеры, светофильтра и пластинок дает визуальную систему, несколько смещенную в сторону красной части спектра по отношению к международной системе визуальных величин, а система фотографических величин достаточно близка к международной.

Переход от полученных нами показателей цвета к международной системе можно осуществить с помощью следующего уравнения:

$$C_{int} = 0.838 (C_i + 0.029).$$

Полученные по описанному методу фотографические яркости и цвета в нашей системе даны на приведенной здесь карте распределения яркости и цвета. Каждая пара чисел карты представляет собой фотографическую звездную величину с квадратной секунды и показатель цвета площадки, прямолинейные координаты центра которой по отношению к центру галактики NGC 5194 приведены сверху соответствующего столбика и слева соответствующей строки. Обведенные жирными линиями клетки соответствуют положению спроектировавшихся на эту область звезд нашей Галактики.

§ 2. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЯРКОСТЬ И ЦВЕТ ГАЛАКТИК И ИХ ЯДЕР

1. На основании данных карты распределения яркости и цвета путем фотометрического суммирования были определены интегральные яркости и цвета изучаемых галактик. При этом граница между галактиками была проведена по



строке, имеющей наименьшую интегральную яркость, но была введена поправка за яркость спирального рукава галактики NGC 5194, распространяющегося до центра галактики NGC 5195. Полученные значения указанных величин, наряду с данными других исследователей, приведены в табл. 1, в которой через d обозначен поперечник измеряемой области.

Таблица 1

Автор	Метод наблюдений	NGC 5194			NGC 5195		
		m_{pg}	Cl_{int}	d	m_{pg}	Cl_{int}	d
Стеббинс [1]	Фотоэлектр.	9.0	$+0.47$	$8'.6$	10.6	$+0.77$	$4'.1$
Петтит [2]	Фотоэлектр.	8.89	0.38	8.6	10.71	0.77	4.1
Холмберг [3]	Фотограф.	8.83	0.53	14×10	10.47	0.98	9×7
Маркарян	Фотограф.	9.09	0.39	8.6×6.7	10.75	0.75	4.1×5.2

Как видно из данных табл. 1, согласие наших данных с данными Стеббинса и Петтита в общем следует признать хорошим, а расхождение с данными Холмберга надо объяснить тем, что его измерения охватывают далекие периферийные области галактик, лежащие вне пределов измеряемых нами областей.

2. Расстояние до M 51, судя по радиальным скоростям составляющих ее галактик и по наблюдаемым размерам звездных ассоциаций в NGC 5194, должно быть не менее $2.5 \cdot 10^6$ парсек. При таком расстоянии и при учете поглощения в Галактике для абсолютных фотографических величин изучаемых галактик получаются следующие значения:

$$M_{pg}(\text{NGC 5194}) = -18^m.5,$$

$$M_{pg}(\text{NGC 5195}) = -16^m.9.$$

Первую из этих величин можно считать обычной для больших спиральных систем, какой в самом деле и является NGC 5194, а значение светимости спутника показывает, что он не является карликом, а скорее близок к эллиптическим галактикам-гигантам.

Обозначим отношения масса-светимость рассматриваемых

КАРТА
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА

x"	201	187	170	153	136	119	102	85	68	51	34	+17	0	-17	34	51	68	85	102	119	136	153	170	187	-204
+391			23.65 (0.4)				23.60 0.80		23.7 0.8	23.9 0.8	23.9 1.0	23.58 0.9	23.9 0.8	23.9 (0.7)	23.7 0.5										
374			23.7 0.8	23.7 1.0	23.9 0.9	23.9	23.7 0.8	23.59 (0.8)	23.35 0.86	23.65 0.84	23.9 0.9	23.49 0.49	23.58 0.90	23.17 0.55	23.45 0.49	23.9 1.0	23.8								
357			23.58 0.87	23.52 1.04	23.62 0.5	23.8 (0.6)	23.8 0.6	23.61 0.9	23.32 0.85	23.35 0.97	23.7 1.0	22.58 0.74	23.45 0.74	23.49 0.73	21.25 0.59	23.35 0.74	23.8								
340			23.61 0.91	23.50 0.94	23.8 0.8	23.60 0.80	23.9 1.2	23.16 0.78	23.02 0.75	23.44 0.48	23.58 1.10	23.58 1.22	23.30 0.64	23.52 0.76	23.21 0.45	23.17 0.67	23.6								
323	23.9		23.7 1.0	23.7 0.9	23.59 0.83	23.49 0.83	23.21 0.50	22.88 0.88	22.87 0.77	23.28 0.85	23.43 0.98	23.30 0.85	23.38 0.95	23.26 0.92	23.26 0.74	23.32 1.10	23.45 0.74								
301	23.9		23.8 0.6	23.43 0.73	23.27 0.89	23.25 0.89	22.53 0.86	21.81 0.58	21.86 0.74	22.44 0.90	22.95 0.96	23.23 0.97	23.24 0.91	23.17 0.74	23.09 0.53	23.21 0.81	23.35 0.69	23.7 0.8	23.8 (0.6)						
289			23.7 0.9	23.42 0.95	23.17 0.97	22.71 0.50	22.12 0.96	21.06 0.62	20.81 0.66	21.30 0.74	22.02 0.81	22.59 0.84	22.97 0.89	22.99 0.54	23.10 0.85	23.10 0.75	23.26 0.83	23.6 0.8	23.46 0.70	23.6 1.0	23.7				
272	23.8 0.6		23.52 0.71	23.35 1.04	22.88 0.99	22.04 0.90	21.88 1.00	21.95 0.75	20.99 0.74	21.18 0.81	21.72 0.80	22.11 0.90	22.63 0.81	22.89 0.67	23.10 0.64	23.03 0.58	23.32 0.69	23.57 0.89	23.30 0.89	23.61 0.5					
255			23.59 (0.4)	23.36 0.68	23.13 0.91	22.46 1.02	22.11 1.27	21.35 1.18	19.83 1.20	20.82 0.86	21.72 0.86	22.05 0.89	22.50 1.01	22.97 0.91	23.19 0.69	23.22 0.72	23.37 0.53	23.42 0.42	23.55 (0.3)	23.65	23.9				
238	23.8 0.91		23.61 0.90	23.44 0.89	22.86 0.97	22.04 0.82	22.50 1.34	21.62 1.36	20.15 1.13	21.07 0.89	21.99 1.08	22.07 0.56	22.62 0.82	23.02 0.59	23.25 0.45	23.40 0.4	23.57 (0.4)	23.48 0.4	23.42 0.2	23.50					
221	23.7 (0.5)		23.60 0.26	23.26 0.61	22.81 1.01	22.67 0.95	22.76 1.31	22.30 1.42	20.97 0.87	21.42 0.87	21.68 0.80	22.05 0.78	22.50 0.50	23.20 0.80	23.38 0.67	23.51 0.63	23.56 0.60	23.7 0.6		23.8					
201	23.7 0.5		23.51 0.73	22.92 0.72	22.54 0.70	23.22 1.16	22.91 1.10	22.51 1.12	22.05 1.11	22.26 1.02	22.67 1.11	22.94 1.02	23.18 0.77	23.40 0.69	23.50 0.1	23.49 1.01	23.40 6.4								
187	23.9		23.43 0.39	22.97 0.77	22.92 0.71	23.26 0.81	23.26 0.74	23.11 0.78	23.23 1.02	23.34 1.03	23.08 0.92	23.57 0.65	23.6 0.4	23.6 0.1	23.7	23.9	23.9								
170	23.9		23.35 0.47	22.92 0.60	23.19 0.78	23.01 0.61	23.14 0.79	23.19 0.56	23.45 0.77	23.32 0.87	23.60 0.58	23.34 0.19	23.11 0.67	23.43 0.7	23.7	23.9									
153			23.30 0.62	22.71 0.59	22.56 0.51	22.98 0.78	22.92 0.52	22.97 0.81	23.05 0.60	22.85 0.60	22.84 0.74	22.85 0.71	22.55 0.45	22.91 0.70	23.23 0.67	23.53 0.77									
136	23.8		22.95 0.22	22.66 0.70	22.95 0.47	22.77 0.77	22.20 0.47	22.47 0.77	21.41 0.48	21.07 0.16	21.60 0.55	21.72 0.42	21.81 0.68	22.33 0.55	22.61 0.62	22.84 0.71	23.32 0.71	23.64							
119	23.63		22.67 0.51	22.75 0.60	23.22 1.07	22.62 0.77	22.11 0.32	21.05 0.11	21.05 0.24	21.42 0.49	21.82 0.67	22.11 0.79	22.05 0.64	22.10 0.62	21.43 0.18	21.62 0.44	21.99 0.40	22.67 0.23	23.35 0.51						
102	23.7		22.36 0.3	22.70 0.45	22.82 0.67	22.50 0.63	21.69 0.33	10.70 0.07	21.31 0.49	21.64 0.61	21.72 0.61	21.91 0.48	21.85 0.52	21.66 0.42	21.85 0.16	21.49 0.31	21.56 0.24	22.16 0.39	22.35 0.34	23.45					
85	23.53		22.44 0.43	22.42 0.73	22.05 0.48	21.72 0.46	21.69 0.61	10.81 0.21	21.73 0.78	22.01 0.77	22.11 0.67	22.19 0.70	22.27 0.79	22.03 0.62	21.97 0.53	22.22 0.65	22.24 0.59	22.54 0.64	22.15 0.38	22.58 0.41	23.65	23.9			
68	23.6		22.59 0.55	22.05 0.32	21.72 0.24	21.41 0.24	21.05 0.26	20.9 0.36	21.64 0.6	22.28 0.81	22.11 0.75	21.9 0.79	21.51 0.61	21.80 0.61	22.05 0.86	22.04 0.61	22.26 0.52	22.43 0.55	22.23 0.61	22.16 0.40	22.91 0.49	23.7			
51	23.62		22.76 0.53	22.19 0.30	21.47 0.23	21.60 0.44	21.56 0.52	21.53 0.65	21.83 1.01	22.28 0.89	21.32 0.48	21.40 0.61	21.43 0.68	21.51 0.70	21.78 0.81	21.30 0.46	21.79 0.65	22.18 0.54	22.58 0.59	22.42 0.41	22.42 0.33	23.32	23.9		
34	23.40 0.75		22.81 0.47	22.43 0.58	22.01 0.56	21.35 0.29	21.65 0.59	21.38 0.57	21.95 0.71	22.07 0.60	21.48 0.41	21.13 0.55	21.21 0.66	21.42 0.71	21.72 0.57	21.35 0.43	21.98 0.50	22.21 0.55	22.61 0.50	22.50 0.13	23.01 0.16	23.7 (0.6)			
+17	23.54		22.92 0.21	22.34 0.55	21.56 0.85	22.02 0.31	21.24 0.35	21.43 0.57	21.71 0.60	21.75 0.76	21.0 0.41	20.21 0.43	20.69 0.73	20.63 0.64	21.45 0.78	21.51 0.81	21.91 0.81	21.51 0.44	21.95 0.68						
0	23.8		23.20 0.52	22.42 0.46	21.12 0.55	22.37 0.57	21.0 0.4	21.4 0.48	21.83 0.79	21.65 0.72	20.48 0.29	19.93 0.71	18.62 0.60	19.95 0.59	21.07 0.64	21.82 0.75	21.76 0.70	21.45 0.54	21.34 0.39	22.03 0.44	22.59 0.64	22.52 0.42	23.40 0.3	23.9	
-17	23.7		23.21 0.21		22.06 0.44	22.40 0.59	21.81 0.43	20.82 0.23	21.28 0.31	21.64 0.77	21.05 0.58	20.39 0.59	19.81 0.68	20.56 0.55	21.32 0.66	21.56 0.41	21.26 0.36	21.36 0.40	21.81 0.36	22.21 0.41	22.21 0.36	22.40 0.25	23.02 0.01	23.8	
34	23.9		23.21 0.01	22.71 0.51	22.25 0.44	22.35 0.34	22.44 0.40	21.34 0.39	20.88 0.37	21.54 0.73	21.51 0.71	21.36 0.76	21.17 0.68	21.51 0.83	21.60 0.61	22.09 0.79	21.59 0.54	21.12 0.29	21.40 0.35	22.23 0.49	21.89 0.32	22.35 0.37	23.02 0.36	23.9	
51	23.58 0.5		23.42 (0.2)	22.74 0.39	22.35 0.47	22.53 0.37	22.70 0.40	22.45 0.71	21.14 0.42	20.92 0.42	21.73 0.72	21.75 0.91	21.77 0.86	21.51 0.69	21.67 0.60	21.02 0.52	21.12 0.30	21.54 0.35	22.15 0.67	22.31 0.51	22.10 0.12	22.78 0.21	23.40 0.21		
68			23.20 (0.0)	22.71 0.15	22.29 0.33	22.25 0.29	22.75 0.40	22.58 0.55	21.94 0.45	21.38 0.48	21.06 0.38	21.10 0.40	21.31 0.62	21.74 0.52	22.11 0.73	21.72 0.46	21.31 0.42	21.22 0.33	22.08 0.60	22.48 0.48	22.31 0.33	22.40 0.42	22.15 0.50	23.50 0.3	
85			23.08 -0.1	22.31 0.25	21.68 0.05	22.46 0.36	23.05 0.68	22.66 0.50	22.42 0.11	21.94 0.19	21.78 0.14	21.63 0.23	22.65 0.09	22.03 0.26	22.40 0.06	22.76 0.47	22.81 0.48	22.69 0.24	22.85 0.54	22.49 0.27	22.55 -0.18	23.17 0.33	23.9		
102			23.65	22.77 0.14	21.76 0.07	21.84 0.25	22.75 0.56	22.52 0.39	22.52 0.19		22.01 0.37	21.66 0.28	21.50 0.20	21.37 0.20	21.74 0.37	21.42 0.22	21.09 0.38	22.58 0.45	22.90 0.23	22.55 0.27	22.49 -0.18	23.17 0.33			
119				23.25 0.01	22.30 0.25	21.41 0.18	2.31 0.38	22.36 0.43	22.07 0.30	22.07 0.34	22.07 0.41	22.02 0.45	21.79 0.43	22.14 0.63	21.55 0.42	21.35 0.25	21.65 0.10	22.41 0.12	22.68 0.37	22.59 0.38	22.40 0.32	23.14 -0.1			
136					23.17 0.0	22.46 0.38	22.32 0.31	22.42 0.21	22.60 0.39	22.74 0.68	22.32 0.55	22.27 0.60	21.87 0.41	21.60 0.40	21.72 0.37	21.95 0.41	21.95 0.35	22.33 0.24	22.60 0.29	22.64 0.39	22.79 0.29	23.40 0.2	23.36 0.2		
153					23.6	22.89 0.41	22.27 0.01	22.80 0.11	21.94 0.19	21.78 0.14	21.63 0.23	22.65 0.09	22.03 0.26	22.40 0.06	22.76 0.47	22.81 0.48	22.69 0.24	22.85 0.54	22.49 0.27	22.55 -0.07	23.51				
170						23.56 0.4	22.98 0.17	22.70 0.01	22.18 0.15	22.30 0.21	22.46 0.21	22.18 0.18	22.56 0.23	22.39 0.39	22.74 0.48	23.26 0.24	23.14 0.42	23.26 0.13	22.79 0.35	22.89 0.15	22.63 0.18	22.89 0.18	23.7		
187					23.9	23.7 -0.1	23.12 -0.1	23.17 0.00	23.01 0.00	23.16 0.1	23.05 0.17	23.05 0.18	23.21 0.0												

мых галактик, выраженные в солнечных единицах, через k_1 и k_2 ; тогда для отношения масс этих галактик будем иметь:

$$\frac{M(\text{NGC } 5194)}{M(\text{NGC } 5195)} = 10^{0.64} \frac{k_1}{k_2}$$

Согласно Шварцшильду [4], можно принять $\frac{k_1}{k_2} = \frac{1}{25}$. При

этом значении $\frac{k_1}{k_2}$ масса NGC 5195 будет на полпорядка

больше массы NGC 5194. Правда, принятое для $\frac{k_1}{k_2}$ значение

нельзя считать твердо установленным, но это обстоятельство

не может существенно изменить полученный результат, так

как принятое для $\frac{k_1}{k_2}$ значение вряд ли можно увеличить бо-

лее чем в пять раз, при котором масса NGC 5195 получится

все же равной массе NGC 5194.

Таким образом, мы приходим к выводу, что галактика

NGC 5195, известная в литературе как спутник NGC 5194,

является гигантской галактикой, обладающей достаточно

большой светимостью и огромной массой — порядка масс

больших спиральных галактик.

3. Для определения яркостей и цветов ядер изучаемых

галактик были получены специальные снимки с малыми эк-

спозициями. Эти снимки измерялись круглыми диафрагмами,

вырезающими на пластинках площадки диаметром 18 и 9".

Первая из этих диафрагм по размеру совпадает с диафраг-

мой, употребленной Петтитом [2] при фотоэлектрических

измерениях ядер ряда галактик, в том числе NGC 5194 и

5195. Результаты наших измерений, наряду с данными Пет-

Таблица 2

Автор	Поперечник диафрагмы	NGC 5191		NGC 5195	
		m_{pg}	Cl_{int}	m_{pg}	Cl_{int}
Петтит [2]	18"	12.79 ^m	+0.47 ^m	12.51 ^m	+1.03 ^m
Маркарян	18	12.47	0.51	12.84	0.97
Маркарян	9	13.99	1.03	13.51	1.29

тре, равном 18", значительно ярче ядра NGC 5195. По данным же Петтита должна была наблюдаться обратная картина. Любопытно отметить, что при перестановке местами данных Петтитом значений яркостей ядер галактик NGC 5194 и NGC 5195 получается хорошее согласие с нашими данными. Это обстоятельство наводит на мысль, что при записи или обработке материалов у Петтита эти две галактики были, по всей вероятности, перепутаны между собой.

В третьей строке табл. 2 приведены звездные величины и показатели цвета ядер изучаемых галактик при диаметре диафрагмы, равном 9", освобожденные от влияния яркостей и цвета внешних накладывающихся на ядро слоев. Учет влияния последних велся путем вычитания из наблюдаемой яркости ядра яркости непосредственно окружающего его фона. В этом случае ядро NGC 5195 оказывается ярче ядра NGC 5194. Любопытно, что цвет ядра NGC 5194 при переходе от диафрагмы 18" к 9" претерпевает резкий скачок—от значения $+0^m.51$ к $+1^m.08$; это свидетельствует о том, что плоская составляющая в этой галактике, подобно галактике M 33, распространяется почти до ее центра. Данное заключение подтверждается непосредственными наблюдениями звездных ассоциаций с отрицательными показателями цвета на расстоянии всего 20" от центра галактики.

Обращают на себя внимание яркости ядер изучаемых галактик, в особенности же ядро галактики NGC 5195. Их фотоприграфические абсолютные величины при принятом выше для M 51 расстоянии имеют следующие значения:

$$M_{pg} (\text{ядро NGC 5194}) = -13^m.6,$$

$$M_{pg} (\text{ядро NGC 5195}) = -14^m.1.$$

Судя по полученным для ядер цветам, они должны, в основном, состоять из красных звезд.

Например, показатель цвета ядра NGC 5195 равняется $+1^m.3$. Такие показатели цвета имеют карлики спектрального типа М, а также гиганты поздних подразделений типа К и ранних подразделений типа М. Следовательно, это ядро должно состоять, в основном, из звезд указанных типов. Если допустить, что красные карлики обуславливают хотя бы десятую долю наблюдаемой светимости ядра, то число их получается порядка $10^9 - 10^{10}$, которое даст невероятно большую звездную плотность, в $10^4 - 10^6$ раза превосходящую плотность звезд в окрестности Солнца.

Это обстоятельство неминуемо приводит к выводу, что *светимость ядер в основном обуславливают красные гиганты.*

§ 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА

По данным карты распределения яркости и цвета путем фотометрического суммирования были определены средние яркости и соответствующие им цвета в концентрических кольцах, расположенных вокруг центра галактики NGC 5194 с нарастающими каждый раз на $17''$ расстояниями.

В этих же кольцах по площадкам, расположенным в областях между спиральными рукавами, были определены средние яркости и цвета так называемого непрерывного фона галактики.

Полученные данные представлены на рис. 1 и 2, на которых по оси абсцисс отложены радиусы внешних окружностей колец, а по оси ординат в первом случае отложены средние фотографические величины с квадратной секунды, а во втором — показатели цвета.

На рис. 1 сплошная кривая дает распределение яркости в зависимости от расстояния до центра галактики для всей галактики, а прерывистая кривая — распределение яркости непрерывного фона галактики. Как видно из рисунка, интенсивное убывание яркости наблюдается до расстояния

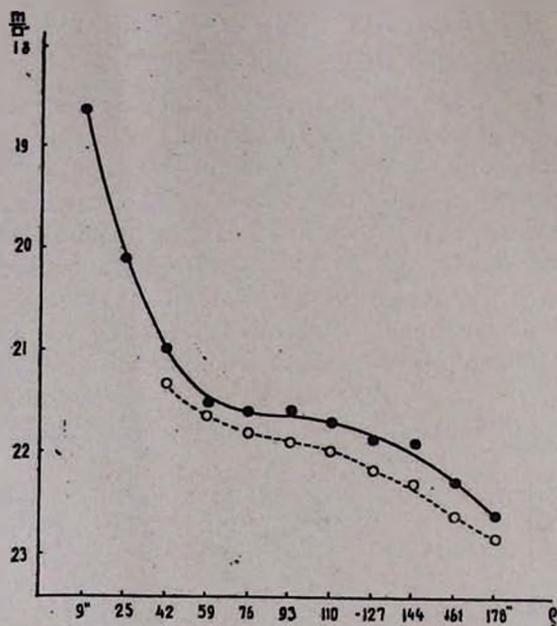


Рис. 1. Распределение яркости в NGC 5191. Сплошная линия для всей галактики, а прерывистая — для ее непрерывного фона.

одной минуты от центра галактики, а дальше, вплоть до краев галактики, яркость убывает весьма медленно. Что касается разницы между двумя кривыми, то ее обуславливают спиральные рукава.

На рис. 2 сплошная кривая представляет собой зависимость показателя цвета от расстояния до центра галактики для всей галактики, а прерывистая кривая дает ту же зависимость для непрерывного фона галактики. Из рисунка видно, что цвет в центральной области вокруг ядра галактики почти не меняется — на расстоянии одной минуты от центра происходит некоторое покраснение, после чего *галактика в целом довольно интенсивно синееет по мере удаления от центра.*

Расположение прерывистой кривой выше сплошной свидетельствует о том, что непрерывный фон для заданного расстояния от центра галактики краснее галактики в целом, но цвет его, вопреки распространенному мнению, *не остается*

ся постоянным — близким к цвету ядра, а довольно заметно синее по мере удаления от центра галактики. Такое же явление было обнаружено нами [5] в галактике М 101, в связи с чем было высказано мнение, что это явление,

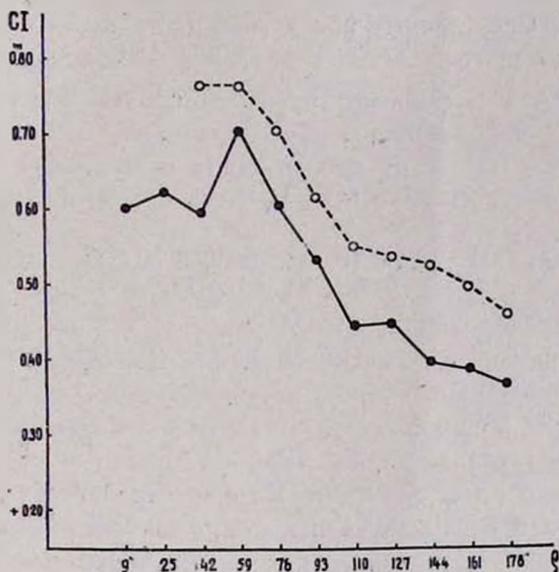


Рис. 2. Распределение цвета в NGC 5194. Сплошная линия для всей галактики, а прерывистая — для ее непрерывного фона.

которое сильнее выражено в галактиках с развитой спиральной структурой, в той или иной степени должно наблюдаться во всех спиральных галактиках, как результат смешивания с общим галактическим полем звезд распадающихся ассоциаций.

Что же касается цвета спиральных рукавов, то надо сказать, что наблюдаемый показатель цвета вдоль рукавов систематически, хотя и с небольшими колебаниями, убывает, т. е. рукава в общем синее при удалении от центра галактики. Однако следует принять во внимание, что наблюдаемый цвет рукавов не дает полного представления об их собственном цвете, так как он представляет собой общий цвет двух составляющих — самого рукава и накладывающейся

гося на него непрерывного фона галактики. Собственный цвет рукавов, получаемый из соответствующих яркостей, определяемых путем фотометрического вычитания из наблюдаемой интегральной яркости каждого упомянутого выше кольца в целом яркости его непрерывного фона, меняется незаметно. Собственные показатели цвета рукавов при переходе от одного кольца к другому меняются в пределах $\pm 0^m 13$, а суммарный показатель собственного цвета рукавов получается порядка нуля. Суммарная же собственная яркость спиральных рукавов в синих и желтых лучах составляет соответственно $\frac{1}{6}$ и $\frac{1}{8}$ часть общей яркости галактики.

§ 4. НАБЛЮДАЕМАЯ АСИММЕТРИЯ В РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЯРКОСТИ И ЦВЕТА

На передержанных красных снимках галактика NGC 5195 имеет правильную эллиптическую форму, вытянутую по прямому восхождению. Однако на нормальных снимках, в особенности же в синих лучах, выявляются значительные структурные нерегулярности, вызванные темными включениями в главное тело этой галактики. На снимках бросается в глаза асимметрия в распределении яркости по отношению к малой оси галактики—западная ее половина тянется значительно дальше восточной половины и заметно ярче ее. Наши измерения полностью подтверждают сказанное и наряду с этим показывают, что юго-восточная половина значительно краснее северо-западной половины. Это значит, что асимметрия в распределении яркости сопровождается асимметрией в распределении цвета, откуда неминуемо вытекает их взаимная связь.

Изучение распределения яркости и цвета в галактике NGC 5194 показывает, что и в этом случае имеется асимметрия, которая, правда, не бросается в глаза на снимках, но довольно заметна по данным измерений. Эта галактика несколько вытянута по склонению; малая ось, по отношению которой наблюдается асимметрия, тянется почти по прямому восхождению.

На рис. 3 представлены зависимости показателя цвета от расстояния до центра галактики, для ее северной (сплош-

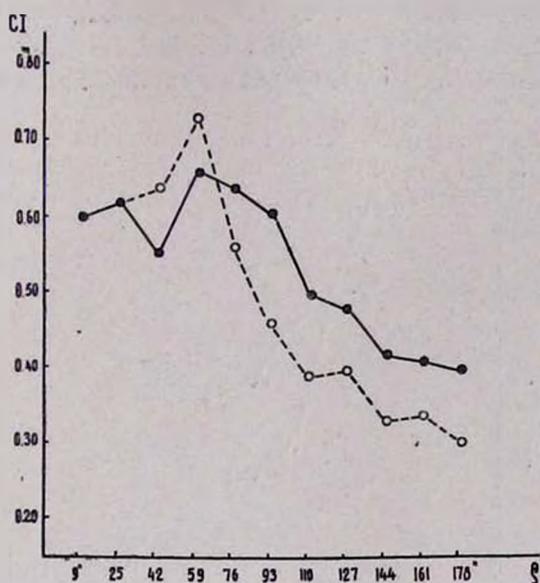


Рис. 3. Распределение цвета в северной (сплошные кружки) и южной (пустые кружки) половинах NGC 5194.

ные кружки) и южной (пустые кружки) половин в отдельности. Те же самые зависимости для непрерывного фона галактики представлены на рис. 4. Приведенные кривые показывают значительное расхождение в распределении цвета по отношению малой оси галактики: северная половина галактики заметно краснее южной половины.

Асимметрия становится более наглядной, когда мы сравниваем данные фотометрических разрезов, проведенных параллельно малой оси галактики, т. е. по прямому восхождению.

На рис. 5 приведены интегральные фотографические звездные величины (сплошная кривая) и соответствующие показатели цвета (прерывистая кривая) разрезов, расстояния которых от центра галактики NGC 5194 отложены по оси абсцисс в секундах дуги. По оси ординат с левой стороны отложены фотографические звездные величины, а с правой стороны — показатели цвета.

Сплошная кривая имеет два максимума, соответствующие положениям ядер галактик. Из рис. 5 сразу видно отсутствие симметрии в распределении как яркости, так и цвета.

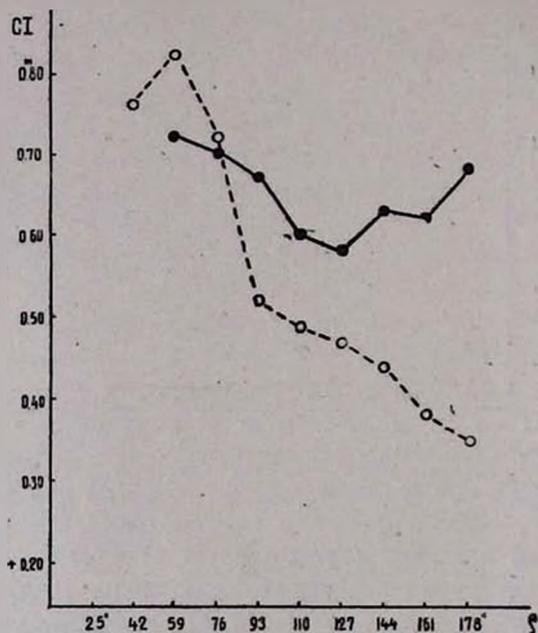


Рис. 4. Распределение цвета непрерывного фона NGC 5194 в северной (сплошные кружки) и южной (пустые кружки) половинах.

При симметричном распределении яркости левая половина кривой яркости NGC 5194, начиная с расстояния $120''$, и правая половина кривой яркости NGC 5194 с расстояния $190''$ должны были занимать положения, проведенные пунктиром. В результате сложения яркостей перекрывающихся частей галактик кривая распределения яркости в промежутке между галактиками должна была бы пройти по крестикам, положения которых определены путем фотометрического сложения яркостей, соответствующих пунктирным линиям. Это значит, что в промежутке между галактиками наблюдается большой дефицит яркости.

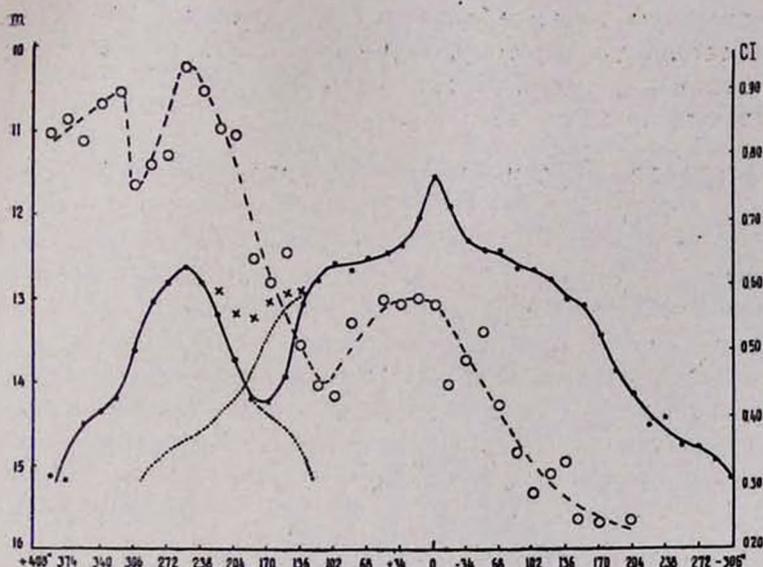


Рис. 5. Распределение яркости (сплошная кривая) и цвета (прерывистая кривая) по фотометрическим разрезам, проведенным вдоль координаты α в области М 51.

Наряду с этим показатели цвета в разрезах северной половины NGC 5194 больше, чем в соответствующих разрезах южной половины (прерывистая кривая, рис. 5). Объяснить это наложением на северную половину NGC 5194 периферийных частей галактики NGC 5195, обладающей красным цветом, невозможно, так как в промежутке между этими галактиками одновременно наблюдается дефицит яркости, который распространяется на значительную часть северной половины NGC 5194. Наложение здесь играет некоторую роль, в особенности в области NGC 5195, но наличие дефицита в яркости и одновременно наблюдаемое покраснение естественнее всего объяснить *действием темной материи*, отдельные уплотнения которой в виде туманностей хорошо выделяются на снимках, полученных в синих лучах.

Судя по данным карты распределения яркости и цвета, поглощение растет по мере продвижения от галактики NGC 5194 к NGC 5195, в области которой, включая и ее

центральную часть, наблюдаются значительные темные туманности. Судя по этому, светимость этой галактики, следовательно и ее масса, должны быть еще больше, чем их значения, приведенные в § 2.

§ 5. ПРИРОДА СВЯЗИ NGC 5195 СО СПИРАЛЬНЫМ РУКАВОМ NGC 5194

Как уже отмечалось, существование физической связи между галактиками NGC 5194 и NGC 5195 не вызывает сомнения. Здесь будет идти речь о природе наблюдаемой между ними связи посредством спирального рукава.

Ряд исследователей [6, 7] склонен признать эту связь реальной, исходя из наличия связи в виде тонких перемычек между компонентами ряда двойных и кратных галактик, обнаруженных в последние годы со стороны Цвикки, а также исходя из наличия двух-трех почти аналогичных с М 51 случаев двойных систем.

Специальный просмотр почти половины карт Паломарского атласа показывает, что действительно не так уж редко в двойных и кратных системах (в особенности среди слабых галактик) наблюдается связь между компонентами в виде слабых перемычек. Но такая связь, которая наблюдается в системе М 51, где один из компонентов связан с концом мощного спирального рукава другого компонента, обладающего нормальной спиральной структурой, *наблюдается очень редко*.

Из числа сравнительно ярких галактик нам известны лишь две системы, подобные М 51; это NGC 7752—53 и NGC 5278—79. При переходе к слабым галактикам число таких систем возрастает незаметно.

Поскольку связь, о которой идет речь, наблюдается достаточно редко, то нельзя априори признать ее реальной, так как возможность случайного проектирования одного из компонентов на рукав другого компонента или наоборот не исключена. Такого мнения относительно системы NGC 5194—95 придерживается Холмберг [8], исходя из того, что соединяющий спутник рукав несколько выходит за пределы его главного тела. Это, между прочим, подтверждается нашими колориметрическими измерениями и хорошо вид-

по на аналитических снимках Цвикки. Однако, разумеется, сказанное обстоятельство само по себе, не может опровергнуть возможность реального характера связи между рукавом и спутником.

Вопрос этот заслуживает более обстоятельного внимания, так как при реальной природе связи наблюдаемую картину можно рассматривать как определенную фазу в эволюции двойных систем.

Если плоскость симметрии главного компонента системы, с рукавом которого связан спутник, образует с небесной сферой малый угол, то, очевидно, связь будет реальной при условии в точности одинакового от нас расстояния компонентов системы. В противном случае связь будет нереальной — наблюдаемой в результате случайного проектирования спутника на рукав главного компонента или наоборот. Допустим, что спутник находится ближе к нам и вычислим вероятность случайного проектирования спутника на конец рукава главного компонента. Для этой цели на конце рукава выделим участок с поперечником ρ , равным ширине самого рукава. Обозначим его расстояние от центра галактики через R , а поперечник спутника через r . Положение этого участка будем считать фиксированным. Для того чтобы в проекции спутник и указанный участок имели по крайней мере одну общую точку, необходимо, чтобы выполнялись следующие два условия:

1. Проекция истинного радиуса-вектора спутника должна находиться в интервале $R - \frac{1}{2}(r + \rho)$ и $R + \frac{1}{2}(r + \rho)$, т. е. центр спутника должен проектироваться на кольцо, заключенное между окружностями с радиусами $R - \frac{1}{2}(r + \rho)$ и $R + \frac{1}{2}(r + \rho)$.

2. Центр спутника на указанном кольце должен попасть в окружность, описанную вокруг центра фиксированного участка рукава, с радиусом $S = \frac{1}{2}(r + \rho)$.

Если опишем вокруг центра главного компонента сферу с радиусом d , равным истинному расстоянию между центрами компонентов, то вероятность выполнения первого условия будет равна вероятности нахождения центра спутника на шаровом поясе, проекцией которого будет упомянутое выше кольцо.

Эта вероятность — P_1 определяется отношением поверхностей указанного шарового пояса и полусферы (рис. 6), т. е.

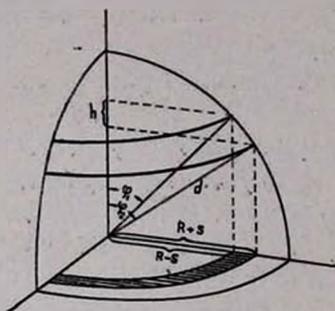


Рис. 6.

$$P_1 = \frac{2\pi dh}{2\pi d^2} = \frac{h}{d},$$

где через h обозначена высота шарового пояса.

Вероятность же выполнения второго условия равна отношению площадей указанных в условии круга и кольца при наличии одного спирального рукава у главного компонента системы.

Но поскольку спиральные галактики имеют обычно несколько рукавов, то, обозначая число их через n , для вероятности выполнения второго условия получим следующее выражение:

$$P_2 = \frac{n \pi S^2}{\pi [(R+d)^2 - (R-S)^2]} = \frac{nS}{4R}.$$

Очевидно, интересующая нас вероятность P случайного проектирования спутника, на конец одного из спиральных рукавов главного компонента долучится умножением приведенных выше двух вероятностей P_1 и P_2 :

$$P = \frac{nhS}{4dR}.$$

Из рис. 6 видно, что

$$h = d (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2),$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{1}{d} \sqrt{d^2 - (R-S)^2},$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{1}{d} \sqrt{d^2 - (R + S)^2}.$$

Поэтому для Р получим следующее окончательное выражение:

$$P = \frac{n S}{4dR} \left[\sqrt{d^2 - (R - S)^2} - \sqrt{d^2 - (R + S)^2} \right].$$

Входящие в эту формулу величины легко определяются из наблюдений, за исключением истинного расстояния между центрами компонентов системы — d , которое можно положить равным λR , и, давая λ различные значения, вычислить соответствующие вероятности.

Для системы М 51 имеем:

$$n = 2, R = 4', r = 2'.0, \rho = 0'.4, S = 1'.2.$$

Вычисленные по этим данным вероятности, соответствующие различным значениям λ , приведены в табл. 3.

Таблица 3

λ	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0
P	1/8	1/17	1/38	1/62	1/94

Поскольку при реальной связи истинное расстояние спутника от главного компонента d будет равно наблюдаемому расстоянию R , то для качественной проверки природы связи нас должны интересовать вероятности случайного проектирования, получаемые при значении d , незначительно отличающегося от R . Для таких случаев, как видно из данных вышеприведенной таблицы, вероятность случайного проектирования очень большая — больше 0.1.

Наряду с этим, принимая во внимание, что системы типа М 51 составляют сравнительно незначительную долю двойных галактик, мы приходим к выводу, что в подавляющем большинстве случаев наблюдаемая в системах типа М 51 связь носит нереальный характер. Исключение могут составлять системы, обладающие особыми признаками, явно свидетельствующими о реальной природе связи.

Таких признаков почти не наблюдается в системе М 51. Единственный признак, говорящий в пользу реальной связи, — это наблюдаемая небольшая деформация соединяющего спутник рукава, которая может иметь место и в том случае, если спутник находится несколько дальше по лучу зрения, так как последний обладает огромной массой, не уступающей массе главного компонента.

Остальные же признаки: а) расположение рукава по отношению NGC 5195 и его продолжение за пределы главного тела последней, б) наличие и характер распределения темной материи в области NGC 5195, в) превышение радиальной скорости NGC 5195 над таковой главного компонента, наряду с большим значением вероятности случайного проектирования, приводят нас к выводу, что *наблюдаемая в М 51 связь нереальная, а является результатом проектирования рукава галактики NGC 5194 на галактику NGC 5195.*

Этим можно объяснить наблюдаемую асимметрию в распределении яркости и цвета в NGC 5195. Тем не менее остаются непонятными полученный дефицит яркости и сравнительно большие показатели цвета в северной половине галактики NGC 5194.

В этой связи можно высказать предположение о несовпадении плоскостей темной материи и системы звезд в этой галактике, явление, которое наблюдается и в нашей Галактике, согласно исследованиям астрономов Абастуманской обсерватории [9—11].

Принимая во внимание положение NGC 5195 по отношению к NGC 5194, можно допустить, что указанное явление, т. е. наклон плоскости темной материи по отношению к экваториальной плоскости галактики, вызван действием давления света, исходящего из NGC 5195, а может быть и ее приливными воздействиями.

В измерениях и вычислениях настоящей работы принимал участие Ю. Калантарян.

Июль, 1958

Բ. Ե. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

M 51 ԿՐԿՆԱԿԻ ԳԱԼԱԿՏԻԿԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Կատարվել է մանրազնին գունաչափական հետազոտություն M 51 կրկնակի գալակտիկայի բաղադրիչների՝ NGC 5194 ու NGC 5195 համար և քննարկվել նրանց միջև դիտվող կապը: Ստացվել է բացարձակ պայծառության և գույնի բաշխումն աղբյուրակապի սիստեմի տիրույթում, որի հիման վրա և որոշվել նրանց ինտեգրալ պայծառություններն ու գույները: Լուսանկարչական ճառագայթներում նրանց ինտեգրալ աստղային մեծությունների համար ստացվել են՝ $9^m.09$ և $10^m.75$, իսկ գույների համար, համապատասխանաբար՝ $0^m.39$ և $0^m.75$: Միջուկների լուսանկարչական աստղային մեծությունները հավասար են՝ $13^m.99$ և $13^m.51$, սրանց համապատասխան գույնի ցուցիչները՝ $1^m.08$ և $1^m.09$ ՝ միջապային սիստեմում:

Պայծառությունների և գույնի բաշխման ուսումնասիրությունը բերում է այն եզրակացության, որ NGC 5194 սպիրալաձև գալակտիկան զգալիորեն կապտում է նրա կենտրոնից հեռանալիս: Այդ երևույթը պայմանավորված է գալակտիկայի թևերի ու նրա անընդհատ ֆոնի ազդեցությամբ, քանի որ վերջինս իր հերթին կապտում է գալակտիկայի կենտրոնից հեռանալիս: Թևերի սևիական գույնը փոփոխվում է աննշան չափով՝ նրանց երկայնքով շարժվելիս գույնի ցուցիչները տատանվում են $\pm 0^m.13$ սահմաններում: Թևերի գումարային պայծառությունը լուսանկարչական և վիզուալ ճառագայթներում կադմում է գալակտիկայի ամբողջ պայծառության $1/5$ և $1/8$ մասը համապատասխանաբար:

Պայծառությունների և գույնի բաշխման մեջ բացահայտվել է ասիմետրիա՝ ուսումնասիրված գալակտիկաների փոքր առանցքների նկատմամբ՝ որը հետևանք է այդ գալակտիկաների միջև ընկած տիրույթում դիտվող կլանող նյութի ազդեցության:

Ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ NGC 5194-ի և NGC 5195-ի միջև դիտվող կապը (թևի միջոցով) հետևանք է թևի պատահական պրոեկտման՝ NGC 5195-ի վրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. J. Stebbins a. A. Whitford, Ap. J., 115, 284, 1952.
2. E. Pettit, Ap. J., 120, 413, 1954.
3. E. Holmberg, Medd. Lund Obser., Ser. II, № 136, 1958.
4. M. Schwarzschild, A. J., 59, 273, 1954.
5. Б. Е. Маркарян, Сообщ. Бюраканской обсерв., 24, 1958.
6. В. А. Амбарцумян, Изв. АН АрмССР, IX, 23, 1956.
7. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Астр. журнал, XXXIV, 8, 1957.
8. E. Holmberg, Medd. Lund Obser., Ser. I, № 170, 1950.
9. Е. К. Харадзе, Бюлл. Абастуманской обсерв., 12, 1952.
10. Д. Ш. Хачтаси, Бюлл. Абастуманской обсерв., 18, 29, 1955.
11. А. Ф. Торонджадзе и Т. А. Кочлашвили, Бюлл. Абастуманской обсерв., 20, 41, 1956.