

Б. Е. Маркарян

## КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПИРАЛЬНОЙ ГАЛАКТИКИ M101

Произведена абсолютная сплошная фотометрия спиральной галактики M 101 в фотографических и визуальных лучах. Наблюдения производились 21"–21" телескопом системы Шмидта. Результаты показывают, что эта галактика заметно синее по мере удаления от центра к краю, показатели цвета от значения  $+0^m9$  у ядра доходят до значения  $-0^m3$  на периферии. Это явление обусловливается действием ее спиральных рукавов и непрерывного фона, также синеего при удалении от центра. Интегральная фотографическая величина галактики, определенная путем фотометрического суммирования яркостей, получается равной  $8^m5$ . Суммарная яркость спиральных рукавов в фотографических и визуальных лучах составляет соответственно  $1/4$  и  $1/7$  часть интегральной яркости галактики. Интегральный показатель цвета галактики равен  $+0^m5$ , а показатель цвета ядра  $+0^m95$ . Собственный цвет спиральных рукавов почти постояен, показатель цвета вдоль рукавов меняется в пределах  $-0^m1$  и  $+0^m1$ . Наличие у этой галактики довольно яркого непрерывного фона, в образовании которого участвуют белые звезды, приводит к заключению о существовании в ней промежуточного типа звездного населения. Число голубых и белых звезд этой галактики по порядку величины оценивается  $10^7$ .

В исследовании строения внешних галактик большое применение находит колориметрия, дающая как интегральный цвет галактик, так и распределение цвета в них. Для освещения особенностей строения галактик особый интерес представляют исследования второго рода, дающие распределение цвета в галактиках. Последние обычно осуществляются путем получения фотометрических разрезов по осям галактик, а иногда и путем измерения цвета небольшого количества (нескольких десятков) избранных в них участков. Однако таким путем можно получить более или менее уверенные представления о распределении цвета для

тех галактик, которые не имеют сложной структуры. Полное и надежное распределение цвета в галактиках, имеющих сложную структуру, скажем, например, в развитых спиральных системах и неправильных галактиках, отличающихся обычно большими флюктуациями в распределении яркости, можно получить лишь путем их детального и сплошного фотометрирования в разных участках спектра.

Такое исследование выполнено нами для большой галактики M 101 (NGC 5457), являющейся развитой спиральной системой типа  $S_c$  (репродукция представлена на рис. 1).

Некоторым результатам этого исследования посвящена настоящая статья.

### § 1. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Наблюдения велись на 21"—21" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории. Фокусное расстояние этого телескопа равняется 180 см, а относительное отверстие меняется от  $1/4.3$  до  $1/3.4$  благодаря наличию в камере ирисовой диафрагмы, расположенной вблизи фокальной плоскости зеркала. Оптическая система камеры дает высококачественные изображения звезд, в особенности в центральной части поля, где диаметры предельных звезд получаются порядка 0.02—0.03 мм. Проницающая сила телескопа в фотографических лучах доходит до  $19^m$ .

Фотографирование M 101 производилось в фотографических и визуальных лучах на пластинках Agfa Astro-Platten без фильтра и соответственно на панхроматических пластинках Kodak OaE через желтый желатиновый светофильтр типа GG11, методом двухэтажной кассеты [1]. При указанной методике наблюдений одновременно получается два снимка: один с изображением изучаемого объекта в фокусе, а другой с внефокальными изображениями звезд сравнения, выбранных вблизи изучаемого объекта. Стандартизация пластинок производилась с помощью снимков с внефокальными изображениями указанных звезд сравнения, величины которых были определены с помощью дополнительных наблюдений, путем привязки к NPS. Средние квадратичные ошибки по-

N



E

Рис. 1. М 101 (NGC 5457)

лученных для этих звезд величин не превышают  $0^m 05$ . Употреблялся также трубочный фотометр для проверки градаций характеристических кривых и учета влияния вуали неба.

Снимки изучаемого объекта, звезд сравнения и марок трубочного фотометра получались на кусках одной и той же пластинки и проявлялись одновременно в одинаковых условиях.

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

Из полученного ряда снимков M 101 для измерений были отобраны наиболее удачные, по два комплекта в фотографических и визуальных лучах. На первой паре пластинок (одна в фотографических, другая в визуальных лучах) измерение почернений производилось сплошным образом, т. е. определялись оптические плотности всех площадок M 101, образующихся при проведении линий вдоль  $\alpha$  и  $\delta$  через интервал  $17''$ . Это осуществлялось путем смещения столика микрофотометра посредством двух координатных движений, обеспечивающих точность смещения в пределах 4—5 микрон. Соответствующие звездные величины с квадратной секунды дуги определялись с помощью характеристических кривых, построенных по внефокальным изображениям выбранных звезд сравнения, о которых речь шла выше. На второй паре пластинок измерения производились лишь для нескольких десятков избранных площадок. Результаты оказались очень близкими с таковыми, полученными из измерения первой пары пластинок. Средняя квадратичная ошибка цвета для этих площадок, определенная по двум наблюдениям, оказалась равной  $\pm 0^m 06$ , а для одного наблюдения  $\pm 0^m 08$ . Последняя может служить мерой точности показателей цвета, полученных из измерений первой пары пластинок. Эта, конечно, небольшая точность, но вполне достаточная для многих целей, в особенности же, если принять во внимание, что она характеризует точность достаточно большого количества показателей цвета площадок, покрывающих почти всю га-

ляктику. Для достижения большей точности было бы необходимо произвести сплошные измерения еще на одной или на двух парах негативов, но это была бы чрезмерно большая по объему работа и она вряд ли оправдывалась бы результатами.

Специальное изучение показало, что использованная комбинация камеры, фильтра и сорта пластинок дает визуальную систему, несколько смещенную в сторону красной части спектра по отношению к международной системе визуальных величин, а система фотографических величин почти совпадает с международной. Переход от полученных нами цветов к международной системе можно осуществить при помощи следующего уравнения:

$$C_{\text{int}} = 0.838 (C + 0.029).$$

## § 2. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ЯРКОСТЬ И ЦВЕТ

По определенным для различных площадок яркостям были составлены карты распределения яркостей в фотографических и визуальных лучах для изучаемой галактики. Количество площадок, в которых определены показатели цвета, порядка полуторы тысячи. Вообще же измерения почернений производились, в два раза большем числе площадок.

Из-за громоздкости этих карт здесь приводится лишь комбинированная карта распределения яркости и цвета, охватывающая главное тело галактики. Из составленных карт сюда не вошли данные в основном относящиеся к областям спиральных рукавов, отстоящим от центра галактики на расстоянии более  $6'$ . Каждая пара чисел на приведенной карте относится квадратной площадке галактики со стороной, равной  $17''$ , положение центра которой по отношению к центру галактики, обозначенному крестиком на карте, определяется прямолинейными координатами  $x$  и  $y$ , направленных по осям  $\alpha$  и  $\delta$ . Значения  $x$  и  $y$ , выраженных в секундах дуги, приведены соответственно в первой строке и в первом столбце карты. Каждая пара чисел представляет: фотографическую звездную величину с квадратной секунды—сверху и показатель цвета в нашей системе—снизу. Пустые пло-

КАРТА  
распределения яркости и цвета

Y*	349	332	315	298	281	264	247	230	213	196	179	162	145	128	111	94	77	60	43	26	+ 9	- 9	26	43	60	77	94	111	128	145	162	179	196	213	230	247	264	281	298	315	332	-349				
+349	23.57		23.7		23.10															23.7	23.52	23.49	23.42	23.33	23.24	23.52	23.48	23.55	23.61	23.52	23.26			23.55	23.57	23.45	23.36	23.31			23.56	23.55				
332	23.8	23.52																		23.40	23.66	23.24	23.50	23.61	23.10	23.35	23.27	23.50	23.33	23.30	22.96	23.10	23.44	23.52	23.56	23.8	23.59			23.7		23.53				
315	23.8														23.8	23.63	23.61	23.55	23.55	23.11	23.04	23.17	23.08	23.11	23.10	23.26	23.07	23.08	23.10	22.91	22.31	23.24	23.08	23.29	23.7	23.49	23.47	23.35	23.59	23.7	22.16					
298														23.68	23.59	23.11	23.11	22.92	22.92	23.04	23.27	23.19	23.10	23.10	23.04	23.11	23.27	23.58	23.12	23.24	23.12	23.35	23.55			23.37	23.47	23.39	23.57	23.49	23.61					
281														23.47	23.02	22.92	22.80	22.82	23.17	22.82	23.10	23.22	23.10	23.10	23.11	23.29	23.22	23.33	23.27	23.25	23.49	23.49	23.59			23.56	23.36	23.7	23.55			23.74				
264													23.18	23.00	21.63	21.78	22.67	22.81	22.96	23.10	23.19	23.02	23.19	23.47	23.47	23.24	22.94	23.73	23.37	23.59	23.8	23.59	23.63	23.17	23.24	23.56			23.57	23.35	23.37	23.54	23.61			
247						23.7							23.04	22.99	22.04	22.10	22.75	22.98	23.12	23.08	23.21	23.29	23.23	23.29	23.48			23.59	23.8	23.53	23.52			23.64	23.7	23.5			23.7	23.8	23.57					
230											23.26	22.90	22.76	22.48	22.08	22.50	22.86	23.04	22.86	23.10	23.11	23.37	23.8	23.58	23.00	23.33	23.35	23.61			23.8	23.59	23.8			23.50	23.8	23.8	23.54	23.59	23.42	23.61				
213							23.7				23.06	23.10	22.42	22.54	21.82	22.29	22.38	23.04	22.92	22.84	23.38	23.40	23.28	23.49	23.19	23.20	23.08	23.09	23.21	23.59	23.37	23.22	23.47			23.10	23.56	23.55	23.56	23.54	23.8	23.52	23.9			
196											23.08	22.47	22.12	21.48	22.28	22.93	22.88	23.12	22.88	23.11	23.19	23.10	23.05	22.93	23.07	23.07	23.18	23.13	23.10	23.13	23.33			23.8	23.49	23.8			23.50	23.8	23.52	23.9				
179				23.63	23.55	23.8	23.7				23.02	22.48	21.71	21.80	22.36	22.90	22.52	22.60	22.84	22.98	22.84	21.94	22.06	22.25	21.79	22.23	23.00	23.19	23.01	23.07	23.28	23.17	22.90	23.29	23.29	23.50			23.27	23.8	23.59	23.48	23.48			
162				23.8	23.61	23.8	23.7				23.01	22.65	22.25	21.77	22.20	22.45	22.29	22.24	22.57	22.57	22.57	21.56	21.74	21.87	21.71	22.00	22.36	22.62	22.68	22.88	22.82	23.18	23.20	23.50	22.61			23.01	23.56	23.46	23.37					
145	23.43										23.23	23.35	23.17	23.04	23.17	22.53	22.24	22.34	22.57	22.57	22.25	22.25	21.66	21.87	21.74	21.87	21.74	22.22	22.24	22.39	22.26	22.56	22.66	22.60	23.00	23.35	23.24	23.31	23.10	22.90	23.05	23.47	23.57	23.37	23.56	
128					23.35						23.06	23.06	22.32	22.80	22.89	22.62	22.45	22.25	22.50	22.79	22.65	22.69	22.32	22.49	22.60	22.49	22.02	22.28	22.57	22.64	22.63	22.29	22.80	22.86	23.15	23.54	23.61	23.25	23.45	23.46			23.8			
111	23.66		23.54	23.9	23.48	23.8	23.47	23.27	23.04	23.14	23.48	21.86	22.82	22.67	21.58	21.92	22.22	22.16	22.16	22.26	22.39	22.53	22.43	22.50	22.53	22.39	22.16	22.16	22.27	22.39	22.50	22.65	22.98	22.59	23.31	23.07	23.26	23.69	23.47	23.29	23.50			23.55		
94	23.8	23.53	23.54	23.15	23.34	23.55	23.40	23.8	23.24	23.13	22.43	21.82	22.17	22.53	22.07	22.31	22.17	22.24	21.95	21.86	21.97	21.85	22.06	22.08	22.36	22.61	22.62	22.60	22.47	21.66	22.17	22.62	22.84	23.12	23.64	22.90	23.24	23.36	23.8			23.54				
77	22.48	23.58	23.54	23.23	23.21	23.34	23.17	22.59	22.14	21.31	22.20	22.17	21.78	22.33	22.39	22.10	21.98	21.98	21.98	21.31	21.28	22.02	21.92	22.10	22.50	22.78	22.85	22.58	22.66	22.19	21.98	22.66	22.19	21.98	23.21	23.50	23.42	23.07	23.12	23.38	23.50			23.38		
60	21.19	22.27	23.8	23.28	23.42	23.37	23.34	23.45	23.00	22.83	22.43	21.78	21.78	21.98	22.31	22.35	22.16	21.89	21.56	21.36	21.78	21.73	21.12	21.76	22.47	22.78	23.04	22.93	22.70	22.60	22.50	22.66	22.77	23.13	23.07	23.21	23.07	21.55	22.75	22.89	22.88					
43	22.31	21.44	23.62	23.57	23.53	23.55	23.32	23.37	23.35	23.00	22.53	22.08	21.73	21.40	21.88	22.23	22.07	21.83	21.55	21.39	21.47	21.56	21.52	21.76	21.68	22.03	22.36	22.77	23.14	23.00	22.94	22.66	22.32	22.70	22.64	23.11	23.27	22.81	23.7	23.31	23.27	22.88	22.82	22.50		
26	22.86	22.10	23.68	23.68	23.8	23.66	23.35	23.25	23.40	23.05	22.77	21.78	21.84	21.31	21.74	21.74	22.05	21.88	21.36	21.28	21.18	21.28	21.52	21.50	21.36	21.66	21.80	22.27	22.60	22.80	22.60	22.64	22.90	22.78	22.92	22.78	22.92	23.02	23.8	23.8	23.24	22.94				
+ 9	23.66	22.90	23.28	23.57	23.41	23.8	23.37	23.53	22.02	22.78	22.08	21.74	22.03	21.63	21.63	21.73	21.82	21.14	21.10	20.52	20.60	21.28	21.42	21.11	21.29	22.03	22.14	22.16	22.66	22.74	22.27	22.43	22.76	22.66	23.11	23.21	23.25	23.34	23.36	23.51	23.30					
- 9	23.40	23.30	23.62	23.8	23.7	23.37	23.36	22.98	22.90	22.27	21.60	22.06	21.92	21.75	21.76	21.76	21.48	21.08	21.23	20.62	20.76	21.18	21.21	21.76	21.51	21.94	22.64	22.41	22.52	22.53	21.80	21.96	22.10	21.96	22.10	22.80	22.93	23.03	23.21	23.15	23.15	23.24	23.17			
26	23.53	23.32	23.8	23.53	23.8	23.30	23.66	23.01	23.66	23.01	22.56	22.18	21.52	21.99	21.84	21.43	21.52	21.62	21.40	21.43	21.42	21.40	21.43	21.62	21.61	21.74	22.92	22.75	22.60	22.46	22.60	22.08	22.04	22.77	22.66	23.12	23.64	22.90	23.24	23.36	23.8			23.14		
43	23.8	23.14	23.21	23.54	23.51	23.53	23.45	23.35	22.44	22.10	22.20	22.00	22.18	22.27	22.03	21.41	21.53	21.50	21.49	21.88	21.64	22.02	22.04	21.72	21.32	22.54	22.86	22.60	22.35	22.31	22.36	22.62	22.40	22.52	23.7	23.8	23.8	23.25	23.30	23.24	23.24	23.14				
60		23.45	22.54	22.89	23.7	23.62	23.38	23.28	23.06	22.43	22.49	21.65	21.04	21.87	22.74	22.34	22.34	21.98	21.83	21.75	22.17	22.19	22.17	21.70	21.70	21.23	22.19	22.89	22.61	22.36	22.38	22.79	22.93	22.86	23.24	23.21	23.59	23.18	23.68	23.49	23.48					
77			22.92	22.79	22.90	23.17	23.53	23.8	23.15	23.06	23.12	22.94	22.33	21.82	22.47	22.54	22.48	22.56	22.47	22.65	22.36	22.35	22.17	21.84	21.70	21.70	22.16	22.70	22.64	22.46	22.19	22.14	22.15	22.68	23.01	23.38	23.50	23.62	23.8	23.9						
94			23.16	22.54	22.26	22.55	22.89	23.06	22.81	23.04	23.11	22.87	22.46	22.38	22.25	22.30	22.58	22.72	22.61	22.27	22.41	21.98	22.22	21.60	21.54	22.29	22.34	22.59	22.90	23.73	22.20	22.29	22.90	22.79	22.44	22.39	23.06	23.14	23.42	23.8	23.66	23.30	23.57			

щадки, за исключением обведенных жирными линиями, соответствуют областям в которых яркость, приходящаяся на квадратную секунду, слабее  $23^m9$ . Обведенные же жирными линиями площадки содержат проектирующиеся звезды нашей Галактики; в сомнительных случаях площадки обведены пунктирными линиями. При проводимых далее расчетах яркость площадок, содержащих посторонние звезды, учитывалась путем усреднения яркостей соседних площадок. Следует отметить, что в ряде периферийных площадок карты данные обладают точностью уступающей точности, характеризуемой ошибками, упомянутыми в конце §1. Но проводимые далее расчеты, касающиеся распределения яркости и цвета, распространяются на область, заключенную внутри окружности, описанной вокруг центра галактики с радиусом, равным  $4.5''$ , где почти все данные определены в достаточной степени надежно.

С помощью карт распределения фотографической и визуальной яркостей путем фотометрического сложения были определены интегральные яркости и показатели цвета внутри концентрических кругов и колец, описанных вокруг центра галактики с нарастающими каждый раз на  $17''$  радиусами  $r$ . Полученные данные приведены в третьем и четвертом столбцах табл. 1. Интегральная фотографическая величина и показатель цвета всей галактики М 101 получились соответственно равными:  $8^m5$  и  $+0^m5$ . Гарвардская оценка интегральной величины М 101 на  $0^m5$  больше нашей, и это, возможно, результат неточного учета яркостей внешних частей галактики. Полученный нами результат должен быть ближе к истине, так как, например, приведенные в табл. 1 яркость и цвет той части М 101, которая ограничена окружностью с радиусом  $r = 255''$ , находятся в хорошем согласии с данными, полученными Петтитом [2] для той же части электрофотометрическим методом. Петтит для фотографической величины и цвета получил следующие значения:  $9^m12$  и  $+0^m50$  в международной системе. Соответствующие наши значения в международной системе:  $9^m02$  и  $+0^m51$ . Получающееся расхождение небольшое и находится в пределах оши-

бок. К сожалению, мы не нашли в литературе других подходящих данных для сопоставления с данными табл. 1.

Таблица 1

№	?	$m_{pg}$	CI	?	$m_{pg}$	CI
1	17"	13 <sup>m</sup> 12	+0 <sup>m</sup> 95	0"—17"	13 <sup>m</sup> 12	+0 <sup>m</sup> 95
2	34	12.08	0.94	18—34	12.60	0.93
3	51	11.43	0.82	35—51	12.30	0.66
4	68	10.95	0.79	52—68	12.07	0.74
5	85	10.62	0.76	69—85	12.07	0.67
6	102	10.35	0.74	86—102	11.99	0.66
7	119	10.11	0.72	103—119	11.87	0.64
8	136	9.91	0.69	120—136	11.85	0.53
9	153	9.71	0.66	137—153	11.65	0.50
10	170	9.54	0.63	154—170	11.64	0.44
11	187	9.40	0.61	171—187	11.69	0.45
12	204	9.29	0.60	188—204	11.83	0.45
13	221	9.19	0.58	205—221	11.83	0.36
14	238	9.10	0.57	222—238	11.85	0.44
15	255	9.02	0.57	239—255	11.87	0.40
16	660	8.5	0.5			

Из данных третьего и четвертого столбцов этой таблицы видно, что интегральная звездная величина и показатель цвета заметно убывают по мере увеличения радиуса кругов. Это значит, что галактика M 101 синее по мере удаления от ядра. Однако из этих данных нельзя делать количественные выводы относительно изменения цвета. Для этой цели были определены интегральные звездные величины и показатели цвета в концентрических кольцах, расположенных вокруг ядра галактики. Эти данные приведены в 6-ом и 7-ом столбцах табл. 1. Определенные на основании этих данных средние яркости (в произвольных единицах) в зависимости от расстояния до ядра галактики представлены на рис. 2. Как видно из седьмого столбца таблицы 1, а также из рис. 2, градиент показателя цвета до-

вольно велик. Показатель цвета от значения  $+0^m95$  у ядра, убывая, доходит до  $+0^m4$  на расстоянии  $4'.5$  от него. Дальше, судя по всему, он меняется незначительно. Заметим, что здесь речь идет об интегральных показателях цвета в кольцах. В отдельных, правда редких, случаях маленькие области с большими показателями цвета встречаются даже во внешних частях галактики.

Установленный факт *довольно интенсивного посинения цвета при удалении от ядра М 101* заслуживает особого внимания. Возможно, что это явление в какой-то степени свойственно всем спиральным галактикам, и это может показаться естественным следствием увеличения удельного веса спиральных рукавов при удалении от ядер галактик. Однако, по мнению ряда исследователей, яркость спиральных рукавов составляет незаметную долю общей—интегральной яркости. При справедливости этого представления одни только рукава ни в коем случае не могут объяснить интенсивного падения показателей цвета при удалении от ядер спиральных галактик. Так или иначе, вопрос окончательно можно выяснить только на основании количественного анализа яркостей и цветов структурных образований спиральных галактик. Такой анализ можно произвести для галактики М 101 на основании составленных нами для нее карт распределения яркостей и цветов.

Отметим прежде всего, что эти карты показывают, что М 101, помимо ядра и спиральных рукавов, имеет непрерывный фон, простирающийся от ядра до ее внешних частей. О наличии у М 101 непрерывного фона упоминают в своих работах также Сейферт [3] и Щеголев [4]. Поэтому интегральную яркость галактики М 101 следует рассматривать как сумму трех составляющих яркостей: ядра, спиральных рукавов и непрерывного фона, а цвет и его изменение—как результат комбинации яркостей и цветов указанных составляющих.

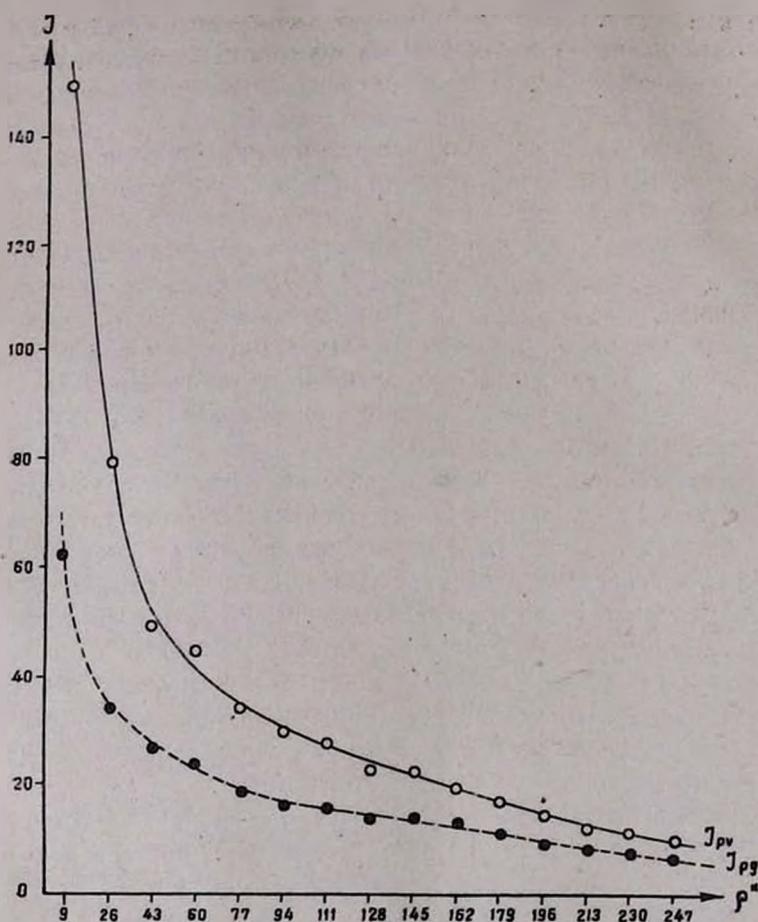


Рис. 2. Распределение средних яркостей (в произвольных единицах) в зависимости от расстояния до центра галактики.

### § 3. ЯРКОСТЬ И ЦВЕТ НЕПРЕРЫВНОГО ФОНА

Непрерывный фон без примеси образований, населяющих обычно спиральные рукава, наблюдается в промежутках между последними. Поэтому яркость и цвет непрерывного фона следует определить на основании данных о яркости площадок, лежащих в областях между рукавами. Однако

сильно развитые рукава М 101 заметно затрудняют уверенный выбор большого количества таких площадок, в особенности на наших снимках, имеющих умеренный масштаб (1 мм—114").

Ввиду этого мы ограничились примерно 300 площадками, разбросанными по всей галактике между ее рукавами и их ветвями, при отборе которых наряду с нашими снимками была использована для контроля хорошая репродукция снимка М 101, полученного двухсотдюймовым Паломарским рефлектором.

По данным этих площадок были определены средние значения показателей цвета непрерывного фона в 17 концентрических кольцах, расположенных вокруг ядра галактики вплоть до расстояния 6'.

По этим средним показателям цвета была получена зависимость между цветом непрерывного фона и расстоянием от ядра галактики, представленная на рис. 3 (сплошные кружки). Заметим, однако, что средние показатели цвета в упомянутых кольцах были определены без учета яркостей, т. е. без взвешивания цветов отобранных площадок, предполагая, что непрерывный фон на одинаковых от ядра расстояниях имеет примерно постоянную яркость.

Хотя это допущение достаточно близко к истине, тем не менее для проверки полученной зависимости между цветом и расстоянием фона по данным отобранных площадок были определены средние, а затем и интегральные яркости и показатели цвета первых восьми колец из числа 17, использованных при получении упомянутой зависимости.

Полученные для этих восьми колец данные приведены в третьем и четвертом столбцах табл. 2 и нанесены на рис. 3 в виде несплошных кружков.

Эти данные повторяют полученную зависимость между средними показателями цвета и расстоянием от ядра непрерывного фона. Поэтому с достаточным основанием можно признать реальной полученную зависимость, согласно которой *непрерывный фон галактики М 101 медленнее, чем она сама в целом, но довольно заметно синее по мере удаления от ядра.*

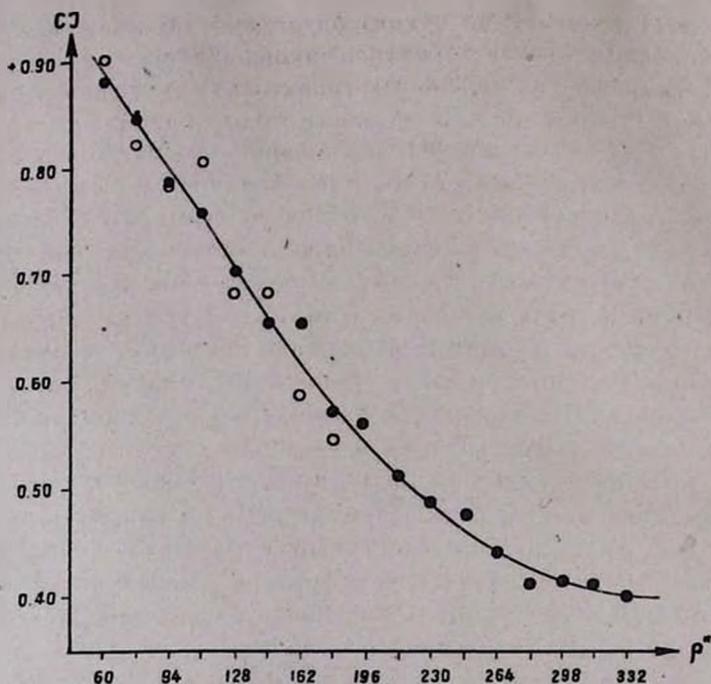


Рис. 3. Зависимость показателя цвета непрерывного фона от расстояния до центра галактики.

Таблица 2

№	$\rho$	$m_{PK}$	C-I	$m_{PK}$	C-I
4	52" - 68"	12 <sup>m</sup> 39	+0 <sup>m</sup> 90	13 <sup>m</sup> 55	+0 <sup>m</sup> 06
5	69-85	12.35	0.82	13.68	-0.09
6	86-102	12.27	0.78	13.60	+0.11
7	103-119	12.25	0.81	13.19	+0.07
8	120-136	12.16	0.68	13.36	-0.12
9	137-153	12.05	0.68	12.93	-0.06
10	154-170	11.96	0.58	13.12	-0.12
11	171-187	11.97	0.54	13.30	+0.07

Этот результат до некоторой степени может показаться неожиданным, так как сложилось такое представление, что непрерывный фон в спиральных галактиках имеет почти одинаковый с ядром цвет. В частности такого мнения придерживается Д. Е. Щеголев [4], изучивший ряд спиральных галактик, в том числе и М 101. Но полученные Щеголевым данные, являющиеся, вообще говоря, ценными, к сожалению, недостаточны для уверенного определения цвета непрерывного фона. Вдобавок, полученные им фотометрические разрезы и цвета ряда площадок в М 101, хотя и не очень определено, тем не менее показывают некоторую тенденцию убывания показателей цвета фона при удалении от ядра, т. е. они не находятся в противоречии с нашим выводом относительно изменения цвета непрерывного фона М 101.

Вообще надо заметить, что представление об одинаковости цветов фона и ядра спиральных галактик необосновано. Нам кажется, что это не соответствует действительности по крайней мере для развитых спиральных галактик, у которых в той или иной степени фон синее при удалении от ядра.

Очевидно поэтому, что изменение цвета М 101 в целом, представленное в табл. 1 и на рис. 2, следует рассматривать как результат действия двух факторов: *изменения цвета непрерывного фона и действия спиральных рукавов.*

#### § 4. ЯРКОСТЬ И ЦВЕТ СПИРАЛЬНЫХ РУКАВОВ

Галактика М 101 имеет очень сложную и запутанную структуру, тем не менее у нее можно выделить два мощных рукава, начинающихся у ядра, один с востока,гибающийся через север к западу, а другой с запада,гибающийся через юг к востоку. Оба они начинают быстро разветвляться так сильно, что во втором обороте ветви рукавов уже наблюдаются как отдельные рукава. У самого ядра рукава мало отличаются от него по цвету, но уже на расстоянии 30" от центра их показатели цвета уступают показателям цвета окружающих площадок на  $0^m 10$ — $0^m 15$ , и чем дальше отходят рукава от ядра, тем меньше становятся

их показатели цвета, т. е. рукава довольно заметно *снижаются по мере удаления от ядра*.

Показатели цвета рукавов вблизи ядра порядка  $\pm 0^m 8$ , при отходе вдоль рукава они, убывая, доходят во внешних частях до  $\pm 0^m 3 - \pm 0^m 2$ . Надо, однако, принять во внимание, что здесь речь шла о *наблюдаемом цвете рукавов*. Собственный цвет рукавов может и должен отличаться от наблюдаемого, так как фактически в областях рукавов наблюдается цвет накладываются друг на друга двух составляющих: непрерывного фона галактики и собственно рукавов.

Чтобы определить *собственную яркость и цвет рукавов*, надо произвести фотометрическое вычитание из интегральной яркости каждого кольца в целом яркости его непрерывного фона. Имеющиеся данные позволяют это делать надежно для восьми концентрических колец, о которых речь шла в предыдущем параграфе. Полученные данные приведены в пятом и шестом столбцах табл. 2. Интегральный показатель собственного цвета рукавов в этих кольцах меняется в весьма узком интервале: от  $-0^m 1$  до  $\pm 0^m 1$ .

Грубые расчеты показывают, что и во внешних частях показатели собственного цвета рукавов находятся в этих пределах. Отсюда следует, что *собственный цвет рукавов остается почти постоянным и что он порядка нуля*.

Из данных табл. 2 видно, что в кольцах интегральная яркость непрерывного фона галактики в синих лучах в среднем на  $1^m 2$  ярче интегральной яркости, обусловливаемой собственно рукавами. Если принять, что эта разность соблюдается и для внешних частей галактики, то можно заключить, что яркость, обусловливаемая собственно рукавами в фотографических лучах, составляет четвертую часть наблюдаемой интегральной фотографической яркости галактики.

Оценку этой величины можно получить и исходя из интегральной величины и цвета галактики (табл. 1), принимая, что показатель цвета рукавов порядка нуля, а средний показатель цвета непрерывного фона порядка  $\pm 0^m 65$ . Получаемая таким образом доля яркости, обусловливаемая соб-

ственно рукавами, несколько больше  $\frac{1}{4}$  интегральной яркости галактики. Таким образом, можно заключить, что суммарная собственная яркость рукавов в фотографических лучах составляет не менее  $\frac{1}{4}$  яркости всей галактики, а в визуальных лучах доля собственной яркости рукавов составляет не более  $\frac{1}{7}$  яркости галактики.

#### § 5. ЗАМЕЧАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РОЛИ БЕЛЫХ И ГОЛУБЫХ ЗВЕЗД

Цвет непрерывного фона, в особенности во внешних частях галактики, свидетельствует о том, что в его образовании принимают участие наряду с красными и желтыми звездами и белые звезды.

Поскольку показатель цвета фона от значения  $+0^m 9$  ядра, убывая, доходит до  $+0^m 4$  во внешних частях галактики, то следует полагать, что по мере удаления от центра галактики относительная роль красных звезд в создании яркости непрерывного фона слабеет, а роль белых звезд, наоборот, усиливается.

Можно произвести некоторые приближенные расчеты для выяснения роли белых звезд в образовании яркости фона и галактики в целом.

Допустим для этой цели, что яркость галактики состоит из двух составляющих: красного и белого. Это, конечно, грубое допущение, но вполне приемлемое, если под красной составляющей понимать яркость, обусловливаемую совокупностью красных, оранжевых и желтых звезд, а под белой—совкупностью голубых, белых и желто-белых звезд.

Принимая показатель цвета красной составляющей равным  $+0^m 8$ , а белой составляющей нулю, на основе данных, полученных для интегральной яркости и цвета галактики (табл. 1), можно подсчитать яркость каждой из этих составляющих. Расчеты показывают, что в синих лучах красная и белая составляющие имеют примерно одинаковую яркость. Половину яркости белой составляющей обуславливают спиральные рукава, имеющие, как мы видели в преды-

дущем параграфе, показатель цвета порядка нуля и яркость, составляющую  $\frac{1}{4}$  интегральной яркости галактики в синих лучах. Другую же половину яркости белой составляющей обуславливает совокупность белых звезд, находящихся вне рукавов, разбросанных по всей галактике.

Поскольку подавляющее большинство звезд спектрального типа О и ранних подразделений типа В входит в состав звездных ассоциаций и открытых звездных скоплений, т. е. образует группы, располагающиеся, обычно, в спиральных рукавах, то белые звезды, находящиеся вне рукавов, должны принадлежать к спектральному типу А и поздним подразделениям типа В. Судя по всему, эти звезды и весьма вероятно многие другие из числа образующих непрерывный фон галактики, представляют собой результат рассеивания прежних ассоциаций галактики.

Звезды, обуславливающие непрерывный фон галактики М 101, нельзя отнести ни к одному из двух типов звездного населения Бааде. *Они, скорее всего, образуют промежуточный тип и, возможно, составляют население „диска“.*

Примерное число белых звезд, участвующих в образовании фона галактики, можно получить, исходя из соотношения их суммарной и средней яркостей. Расстояние М 101 оценивается порядка  $2 \cdot 10^6$  парсеков. При этом расстоянии абсолютная фотографическая величина ее получается равной  $-18^m 3$ . В этом случае суммарная фотографическая абсолютная величина белых звезд галактики М 101, находящихся вне ее рукавов, будет  $-16^m 8$ . Принимая же их среднюю абсолютную величину равной нулю, для общего их числа получим оценку  $5 \cdot 10^6$ .

Примерно таким же путем можно оценить количество наиболее горячих голубых и бело-голубых звезд, обуславливающих, в основном, яркость спиральных рукавов. Последнее получается порядка  $10^6$ . Заметим, что звезды типов А и поздних В должны быть и в спиральных рукавах, по крайней мере, они имеются в открытых звездных скоплениях и нередко в ассоциациях, населяющих рукава. Поэтому общее число звезд О, В и А в М 101 можно считать по-

рядка  $10^7$ . Суммарная яркость этих звезд в синих лучах составляет половину интегральной яркости галактики, в то время как их число составляет лишь незначительную долю (порядка одной тысячной) общего числа звезд галактики.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

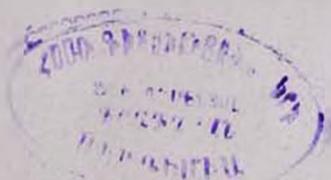
Июнь, 1957

Բ. Ե. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

Մ 101 ԳԱԼԱԿՏԻԿԱՅԻ ԳՈՒՆԱԶԱՓԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Կատարվել է Մ 101 սպիրալածն գալակտիկայի բացարձակ լուսաչափություն լուսանկարչական և վիզուալ ճառագայթներում: Դիտումները կատարվել են  $18''-21''$  Շմիդտի տիպի դիտակով: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ այս գալակտիկան զգալիորեն կապտում է նրա կենտրոնից դեպի եզր հեռանալիս: Գուլնի ցուցիչը միջուկի մոտ  $+0^m 9$  արժեքից հասնում է  $+0^m 3$ -ի գալակտիկայի եզրերում: Այս երևույթը պայմանավորված է գալակտիկայի թևերի ու նրա անընդհատ ֆոնի ազդեցությամբ, որը նույնպես կապտում է գալակտիկայի կենտրոնից հեռանալիս: Գալակտիկայի ինտեգրալ լուսանկարչական աստղալին մեծությունը, որն ստացվել է նրա առանձին մասերի պայծառությունների ֆոտոմետրիկ գումարման միջոցով, հավասար է  $8^m 5$ -ի: Թևերի գումարային պայծառությունները լուսանկարչական և վիզուալ ճառագայթներում կազմում են ամբողջ գալակտիկայի համապատասխան ինտեգրալ պայծառությունների  $1/4$  և  $1/7$  մասը: Այս գալակտիկայի ինտեգրալ գուլնի ցուցիչը ստացվել է հավասար  $+0^m 5$ -ի, իսկ միջուկինը՝  $+0^m 95$ -ի: Թևերի սեփական գուլնը գրեթե չի փոփոխվում նրանց երկայնքով շարժվելիս, որոնց ինտեգրալ գուլնի ցուցիչը փոփոխվում է  $-0^m 1$  և  $+0^m 1$  սահմաններում: Անընդհատ ֆոնի առկայությունն այս գալակտիկայում, որի կազմավորման մեջ զգալի դեր են կատարում սպիտակ աստղերը, խոսում է այն մասին, որ նա բացի հալոյից I և II տիպերի աստղալին բնակչությունից ունի և միջանկյալ, այսպես կոչված, սկավառակի բնակչություն:



Հաշիվները ցույց են տալիս, որ այս գալակտիկայի կապույտ և սպիտակ աստղերի թիվը հասնում է  $10^7$ -ի, որոնք լուսանկարչական ճառագայթներում պայմանավորում են գալակտիկայի ամբողջ պայծառութիան գրեթե կեսը:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А. В. Марков, Н. Н. Сытинская, ДАН СССР, № 73, 77, 1933.
2. E. Pettit, Ap. J., 120, 413, 1954.
3. C. K. Seyfert, Ap. J. 91, 528, 1941.
4. Д. Е. Щеголев, Изв. ГАО, XX, № 156, 1956.