

УДК 523.855

АСТРОФИЗИКА

С. Г. Искударян

О некоторой морфологической характеристике поздних спиралей

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 14/VII 1981)

Галактики «поздних» типов Sb, Sc, Sd и иррегулярные содержат помимо основного остова (балдж), часто с довольно регулярным распределением яркости, и более или менее правильных спиральных рукавов, несколько искажаемых темной материей, также и другие структурные детали, иногда крупного масштаба, такие как разветвления рукавов, мосты между рукавами, спутники различной природы на концах рукавов, цепочки ассоциаций и кольца. Считая, что частота встречаемости подобных деталей может служить одним из параметров, характеризующих данную галактику, была составлена выборка галактик типов Sc, SBc и IrrI для изучения этого вопроса. В выборку вошли все 58 поздних спиралей списка (1) до 12.0 видимой фотографической звездной величины включительно, изображения которых на Паломарских картах кроме областей, непосредственно окружающих ядро, не передержаны. В список не были включены галактики, у которых наклон к картинной плоскости настолько велик, что мешает изучению деталей структуры. Для однородности используемого материала были использованы в основном Паломарские карты, но в некоторых случаях использовались также снимки, полученные на больших телескопах и опубликованные в разных изданиях.

Таким образом, наша выборка содержит 51 галактику морфологического типа Sc, пять галактик типа SBc и две—типа IrrI (согласно классификации Хаббла).

На изображениях этих галактик были сосчитаны перечисленные ниже детали: количество мостов (μ), разветвлений (r), центров активности (c), спутников (s), колец (k), цепочек ассоциаций (h)

Мосты представляют собой образования в виде перемычки между двумя рукавами галактики. В большинстве случаев на концах моста или на одном его конце имеются сгущения вида ассоциаций. Такой вид мостов иногда напоминает перемычку галактик SB (bar), имеющую сгущение на своих концах.

В нашей выборке мостами богаты галактики NGC 3184, 4303, 4501, 5194. В каждой из них содержится больше пяти мостов.

Разветвления в спиральных рукавах иногда происходят там, где имеется некоторое сгущение. В работе (2) уже говорилось о связи ярких ассоциаций с окружающей локальной структурой галактики. В данном случае сгущение (ассоциация) является лишь деталью следующей

картины: основной рукав, который кончается яркой ассоциацией или сверхассоциацией, разделяется на более мелкие ветви, причем последние берут начало в этой ассоциации и имеют одинаковое направление с основным рукавом. Хороший пример такой картины—сверхассоциация в галактике NGC 6643, о чем уже говорилось в работе (2). В нашей выборке разветвлениями богаты галактики NGC 1232, 3344, 3631, 3938.

В качестве центров активности мы принимали голубые сгущения, которые являются сверхассоциациями или приближающимися к ним по яркости ассоциациями. Кроме того, центрами активности мы считали и более слабые голубые сгущения, которые имеют вокруг себя некоторую локальную структуру, явно связанную с ними. Во всех случаях требовалось, чтобы изображение на голубой карте атласа было заметно ярче, чем на красной, что приблизительно соответствует $m_{pg} - m_r < 0^m 8$. Но, как правило, все встречающиеся центры активности намного голубее. В нашей выборке центрами активности богаты галактики NGC 578, 1073, 3646, 3810, 4236, 4254, 4321, 4501, 4654. Если ассоциация находится в точке разветвления, то она учитывается как центр активности, несмотря на то, что одновременно входит и в подсчет точек разветвлений.

Спутники представляют собой более или менее концентрированные образования, имеющие более красный цвет, чем рукав ($m_{pg} - m_r \geq 1^m 0$), и находящиеся в основном в периферийных частях галактик, или связанные с рукавами объекты. Не исключено, что они могут проектироваться и на центральные области галактики. Поэтому, когда встречались объекты, расположенные близко к центру галактики и имеющие сравнительно красный цвет (т. е. их изображение в целом или его центральное сгущение на красной карте было определено ярче, чем на голубой), то их мы считали не центрами активности, а спутниками галактики. В нашей выборке спутниками богата галактика NGC 578.

Кольца—это образования круглого вида в галактиках. Они могут находиться в произвольном месте галактики. В центре кольца иногда имеется яркое образование, но еще чаще в центре нет яркого сгущения. Тем не менее бывают случаи, когда близ кольца имеется какое-то сгущение и создается впечатление, что кольцо удалилось от сгущения (см., например, объект Мейолла (3)). В нашей выборке кольцами относительно богаты галактики NGC 1073, 3359, 3486, 4501, 7741. Интересно, что три из перечисленных галактик представляют собой SBc галактики, а в нашу выборку входят всего 5 SBc галактик. Каждая из них имеет от четырех до шести колец. Такое богатство SBc галактик кольцами, по-видимому, нельзя считать простой случайностью.

Цепочки ассоциаций могут находиться и в рукавах, и вне рукавов, и на мостах, и на кольцах галактик, и в виде спутника на конце рукава, иногда образуя некоторый угол с рукавом галактики, как это хорошо видно на примере M81. Цепочками ассоциаций в нашей выборке богаты галактики NGC 925, 1232, 2336. Каждая имеет по пять цепочек.

Следует еще раз упомянуть, что отмеченные выше детали учитывались нами только в тех случаях, когда они находились в области изображения данной галактики. К примеру, если галактика имела да-

же очень близкие спутники, которые, однако, не были связаны с ее структурой ни нитями, ни перемычками, то такие спутники не принимались во внимание. Вышеупомянутые детали либо каким-то образом должны были быть связаны с изображением галактики, либо находиться внутри нее.

Суммарные результаты подсчетов приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Суммарное количество характерных деталей в отобранных 58 галактиках

μ	r	c	s	k	h
125	172	210	109	68	107
44 (12)	52 (2)	54 (1)	45 (3)	36 (13)	44 (10)
8	9	10	7	6	6
$\bar{N}_\mu=2.2$	$\bar{N}_r=3.0$	$\bar{N}_c=3.6$	$\bar{N}_s=1.9$	$\bar{N}_k=1.2$	$\bar{N}_h=1.8$

Каждому виду характерных деталей соответствует один столбец таблицы. В первой строке дается полное число деталей данного вида во всех 58 галактиках, во второй строке—число галактик, в которых встречается данная деталь, в скобках приведены числа тех из них, в которых присутствие детали лишь заподозрено. В третьей строке дается наибольшее число деталей, которые встречаются в отдельных галактиках. В последней строке дается среднее число деталей данного вида в каждой галактике. Как видно из таблицы, в структуре поздних спиралей чаще всего встречаются, как и следовало ожидать, центры активности—яркие ассоциации и сверхассоциации и разветвления. Затем идут галактики, имеющие мосты, спутники и цепочки ассоциаций. Кольца встречаются в наименьшем числе галактик, и сомнительные случаи здесь составляют наибольший процент. Из таблицы видно также, что центры активности и разветвления не только встречаются в большом числе галактик, но и в отдельной галактике могут быть довольно многочисленны.

Нас интересовал вопрос, как связано полное число всех деталей с главными интегральными характеристиками, такими, как, например, светимость галактик. Наличие каждой из рассматриваемых характерных деталей связано, конечно, с природой галактики. Но вопрос о сущности этой связи, естественно, связан с представлениями об эволюции галактик, которые, как известно, находятся еще в зачаточном состоянии. Однако на чисто эмпирическом уровне можно поставить вопрос, не коррелирует ли полная сумма

$$N = N_\mu + N_r + N_c + N_s + N_k + N_h \quad (1)$$

или, может быть, какая-либо линейная комбинация тех же слагаемых типа

$$N_1 = k_1 N_\mu + k_2 N_r + k_3 N_c + k_4 N_s + k_5 N_k + k_6 N_h$$

с такими фундаментальными параметрами галактик, как светимость или поверхностная яркость. После ряда проб мы остановились на линейной комбинации

№	NGC	БК	$m-M$	M_r	m_{\square}	$\lg(N_1+1)$
1	247		26.5			
2	578	—	33.0	-16.5	23.74	0.81
3	628	2	29.7	21.4	22.40	1.00
4	908	4	32.6	19.9	22.53	0.93
5	925	2	29.8	21.8	22.12	0.93
6	1058	4	29.8	19.3	22.90	1.00
7	1073	4	29.8	17.9	21.52	0.93
8	1084	2	32.9	21.2	22.59	0.00
9	1087	2	32.4	21.3	21.11	0.60
10	1232	4	32.8	21.4	21.62	0.95
11	1637	—	32.7	22.2	22.47	1.00
12	2207	4	30.0	18.4	21.30	0.90
13	2336	—	31.5	21.5	22.40	0.90
14	2403	1	33.4	22.2	22.56	1.11
15	2715	1	27.6	18.8	23.24	0.80
16	2903	2	32.1	20.2	22.69	0.88
17	2976	2	29.5	19.8	22.53	0.80
18	3184	4	27.3	16.4	21.79	0.30
19	3198	4	30.0	19.8	22.34	1.15
20	3294	2	29.6	17.6	23.40	0.74
21	3344	2	32.3	20.3	22.22	0.78
22	3359	5	30.1	19.7	22.25	1.06
23	3367	1	31.8	21.1	22.75	0.54
24	3486	5	33.7	21.8	21.24	0.98
25	3556	4	31.7	21.0	22.46	0.88
26	3631	2	29.3	18.9	22.54	0.00
27	3646	2	31.8	20.3	22.64	1.00
28	3726	4	34.7	22.9	22.14	0.95
29	3810	4	31.5	19.7	23.38	0.84
30	3893	4	31.2	20.1	21.50	1.16
31	3938	4	31.7	20.7	22.20	0.81
32	4038—39	2	31.8	20.3	22.28	1.11
33	4088	4	32.3	21.5	20.60	0.30
34	4178	1	31.0	19.8	22.64	0.30
35	4236	2	30.5	18.5	22.94	0.98
36	4254	1	25.9	15.4	24.52	0.78
37	4303	4	33.4	23.2	21.14	0.93
38	4321	4	32.4	22.4	21.44	1.10
39	4449	2	32.4	21.8	22.12	0.54
40	4490	—	28.0	18.2	21.28	0.93
41	4490	2	31.5	21.5	21.36	0.48
42	4501	4	33.1	22.1	22.48	1.16
43	4535	4	32.8	21.8	22.50	1.08
44	4559	5	31.2	20.7	23.52	0.78
45	4567	5	33.2	20.7	22.12	0.93
46	4568	2	33.3	21.3	22.74	0.88
47	4654	2	31.4	19.9	22.35	0.93
48	4656	—	29.8	18.8	24.61	0.90
49	4775	2	32.4	20.4	21.13	1.10
50	4781	2	31.8	19.8	22.01	1.00
51	5068	4	29.6	18.6	22.62	1.00
52	5194	4	30.3	21.7	21.62	1.23
53	5248	2	31.8	20.8	22.14	0.93
54	5457	2	27.7	19.2	22.84	1.16
55	6015	2	31.2	19.6	22.80	0.48
56	6217	5	32.5	20.6	21.91	0.60
57	6946	4	29.1	19.3	22.14	0.95
58	7448	4	33.6	21.6	21.24	0.60
58	7741	2	31.4	19.1	22.64	0.60

$$N_1 = 1.5N_{\mu} + N_s + N_h. \quad (2)$$

В табл. 2 приводится список галактик нашей выборки. В столбцах таблицы последовательно даются порядковые номера галактик, номера по NGC, бюраканские классы (4,5), значения модулей расстояний. Для

близких галактик они взяты из работы Холмберга (6), а для далеких — определены по известным лучевым скоростям (7). При этом постоянная Хаббла была принята равной 50 км/сек Мпс. В пятом столбце приводятся абсолютные фотографические величины галактик, в шестом — поверхностные яркости галактик, вычисленные нами по формуле $m_{\square} = m_{pg} + 5 \lg R''$, где R'' — большой радиус галактики в угловых секундах, измеренный нами на картах Паломарского атласа. В седьмом столбце приводятся значения $\lg(N_1+1)$.

В первую очередь остановимся на вопросе, какова связь между $\lg(N_1+1)$ и поверхностной яркостью галактик. На рис. 1, а приводится диаграмма, показывающая эту связь. Точки на диаграмме заполняют

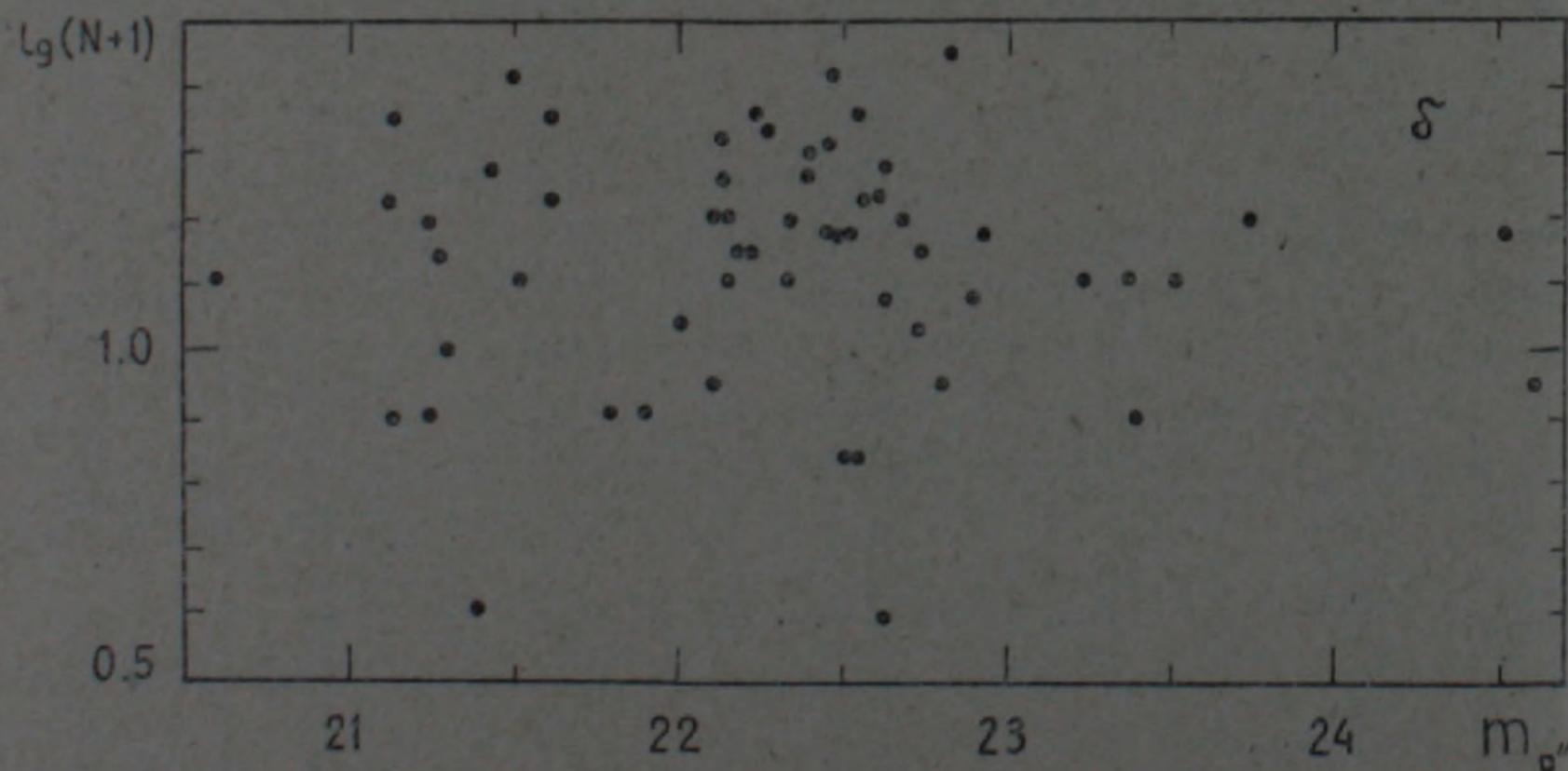
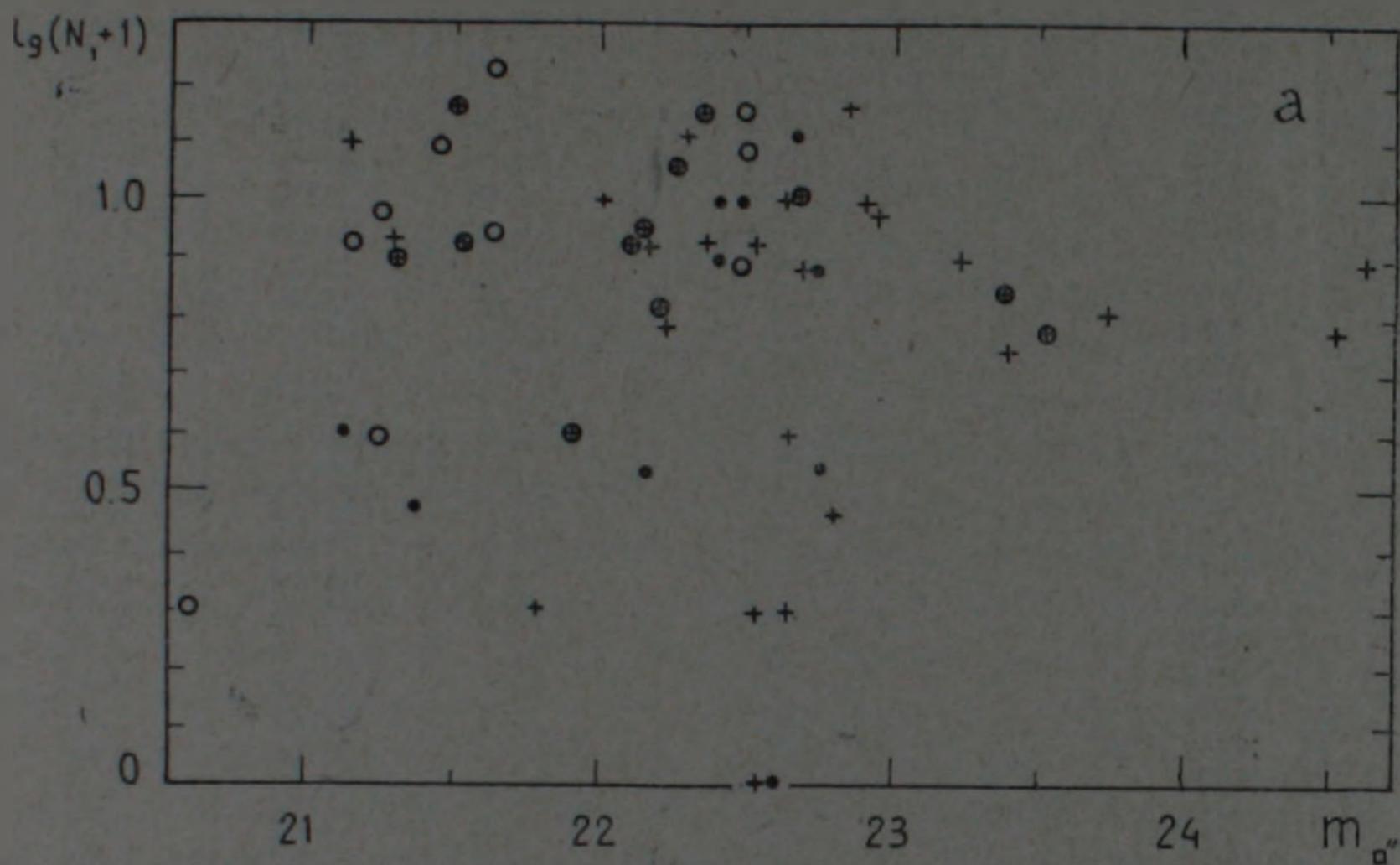


Рис. 1, а — Зависимость между $\lg(N_1+1)$ и поверхностной яркостью галактик. Условные обозначения: • — яркие галактики ($M_r < -21^m 0$) с некомпактными ядрами; ○ — яркие галактики ($M_r < -21^m 0$) с компактными ядрами; + — слабые галактики ($M_r > -21^m 0$) с некомпактными ядрами; ⊕ — слабые галактики ($M_r > -21^m 0$) с компактными ядрами. б — Зависимость между $\lg(N+1)$ и поверхностной яркостью галактик

некоторую камертонообразную область. Как видно из диаграммы галактики, поверхностная яркость которых выше $23^m.0$ (их мы назовем галактиками высокой поверхностной яркости), на диаграмме явно делятся на две группы—галактики, содержащие мало деталей, и галактики, содержащие много деталей. Такого деления не замечается у галактик, поверхностная яркость которых ниже $23^m.0$ (их мы назовем галактиками низкой поверхностной яркости). Последние составляют одну группу и содержат умеренное число деталей. В эту группу входят только галактики умеренной светимости, с $M_r > -21^m.0$. Что касается двух других групп, то в них галактики различной светимости входят как бы поровну.

Естественно было думать, что такая разница между интегральными числами деталей галактик всех трех групп должна привести к морфологическим особенностям. Однако сравнение классов галактик всех трех групп по де Вокулеру (8) показало, что во все три группы входят галактики, имеющие весьма разные по де Вокулеру структуры и подструктуры. Но когда мы рассмотрели долю галактик из разных групп, входящих в атлас пекулярных галактик Арпа (3), то оказалось, что в нижней группе из 14 галактик 5 входят в атлас Арпа, в верхней группе из 37 галактик входят 5, а из группы, соответствующей «ручке камертона», ни одна не входит в этот атлас. Таким образом, в той части диаграммы $\lg(N_1+1)$ —поверхностная яркость, где имеет место деление на две группы (с большими N_1 и малыми N_1), расположены как нормальные, так и пекулярные галактики, причем в нижнюю группу пекулярные галактики входят относительно чаще, чем в верхнюю. Следует отметить, что в нижнюю группу входят в подавляющем большинстве случаев галактики с некомпактными ядрами (галактики бюраканских классов 2 и 1).

Кажется естественным существование галактик высокой поверхностной яркости, имеющих множество деталей (верхняя левая часть диаграммы). Кажется естественным также существование галактик низкой поверхностной яркости с малым числом деталей (нижняя правая часть диаграммы). Но как объяснить существование галактик с малым числом деталей и высокой поверхностной яркости? Учитывая тот факт, что пекулярность галактик своего атласа Арпа в основном связывает с выбросами и с образованием новых компонент (9), можно предположить, что у галактик последней категории идет процесс образования новых деталей. В пользу такого предположения говорит хотя бы тот факт, что две точки (см. рис. 1.б, где приведена зависимость поверхностная яркость—логарифм полного числа деталей), попадающие в область диаграммы, где должны находиться галактики высокой поверхностной яркости, с малым числом деталей, соответствуют галактикам NGC 4490, 4088. Первая является мощным радионисточником, вторая тоже показывает радионизлучение (10).

Прежде чем считать указанное выше деление галактик на две группы окончательно установленным, необходимо выяснить, нет ли в рассматриваемом интервале видимых величин зависимости значений $\lg(N_1+1)$ от расстояния. Поэтому была составлена диаграмма, показывающая зависимость между $\lg(N_1+1)$ и $m-M$ (рис. 2). Из диаграм-

мы видно, что более чем 25% галактик нашей выборки очень далекие, но тем не менее содержат много деталей. Таким образом, влиянием расстояния на число деталей, содержащихся в галактиках, в нашей выборке можно пренебречь.

Для того, чтобы выяснить, насколько существенно влияет подбор коэффициентов в выражении (2) для N_1 на степень наблюдаемого разделения на две группы, мы для сравнения составили также диаграмму $lg(N_1+1)$ — поверхностная яркость, где N определялось по формуле (1) (рис. 1,б). Сравнение показывает, что камертонная форма распределения сохраняется, хотя и менее четко.

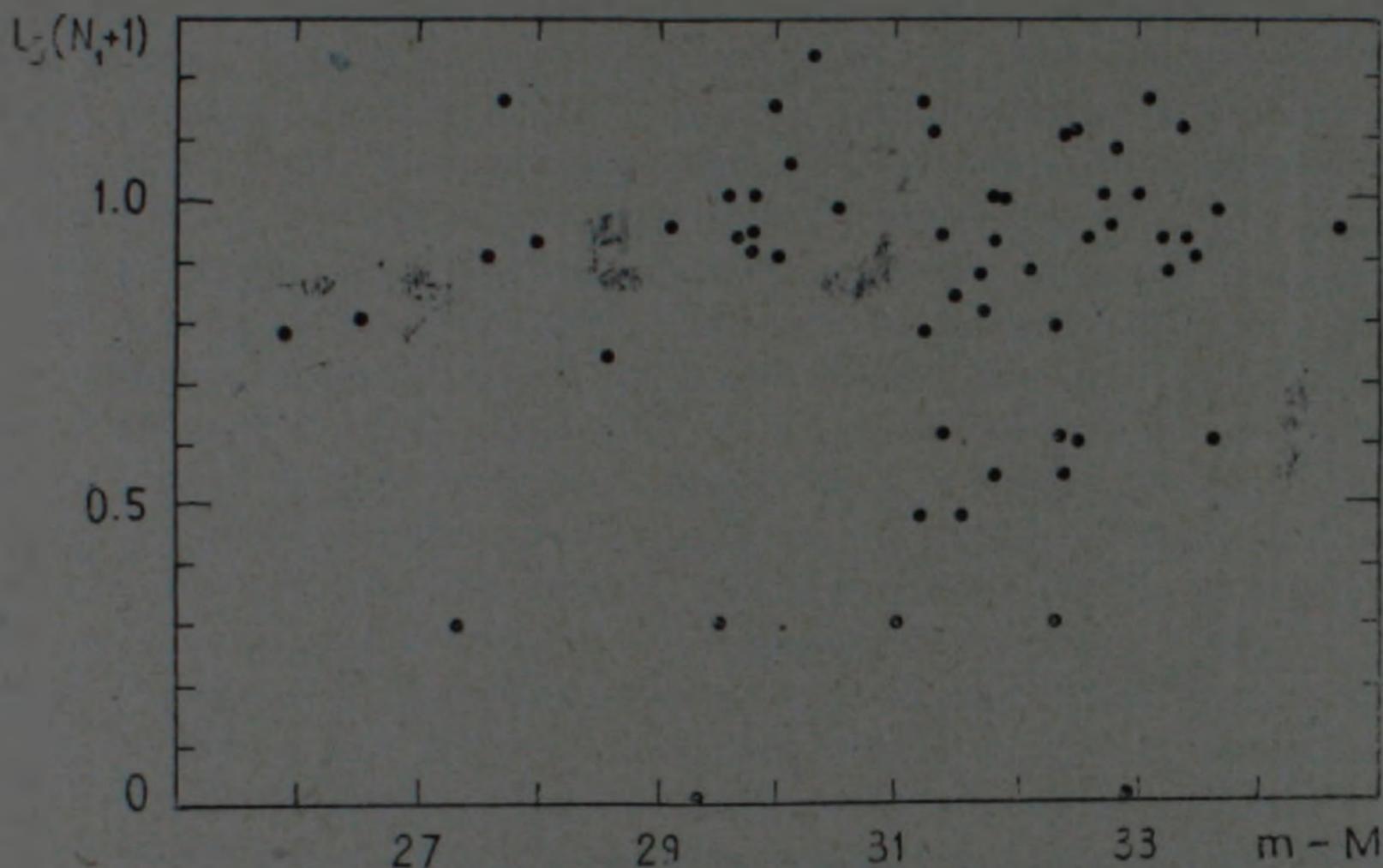


Рис. 2. Зависимость между $lg(N_1+1)$ и значениями модулей расстояний галактик

Мы составили также диаграмму, показывающую взаимную зависимость абсолютных величин галактик и значений $lg(N_1+1)$. Как видно из диаграммы, приведенной на рис. 3, здесь тоже явно существуют две

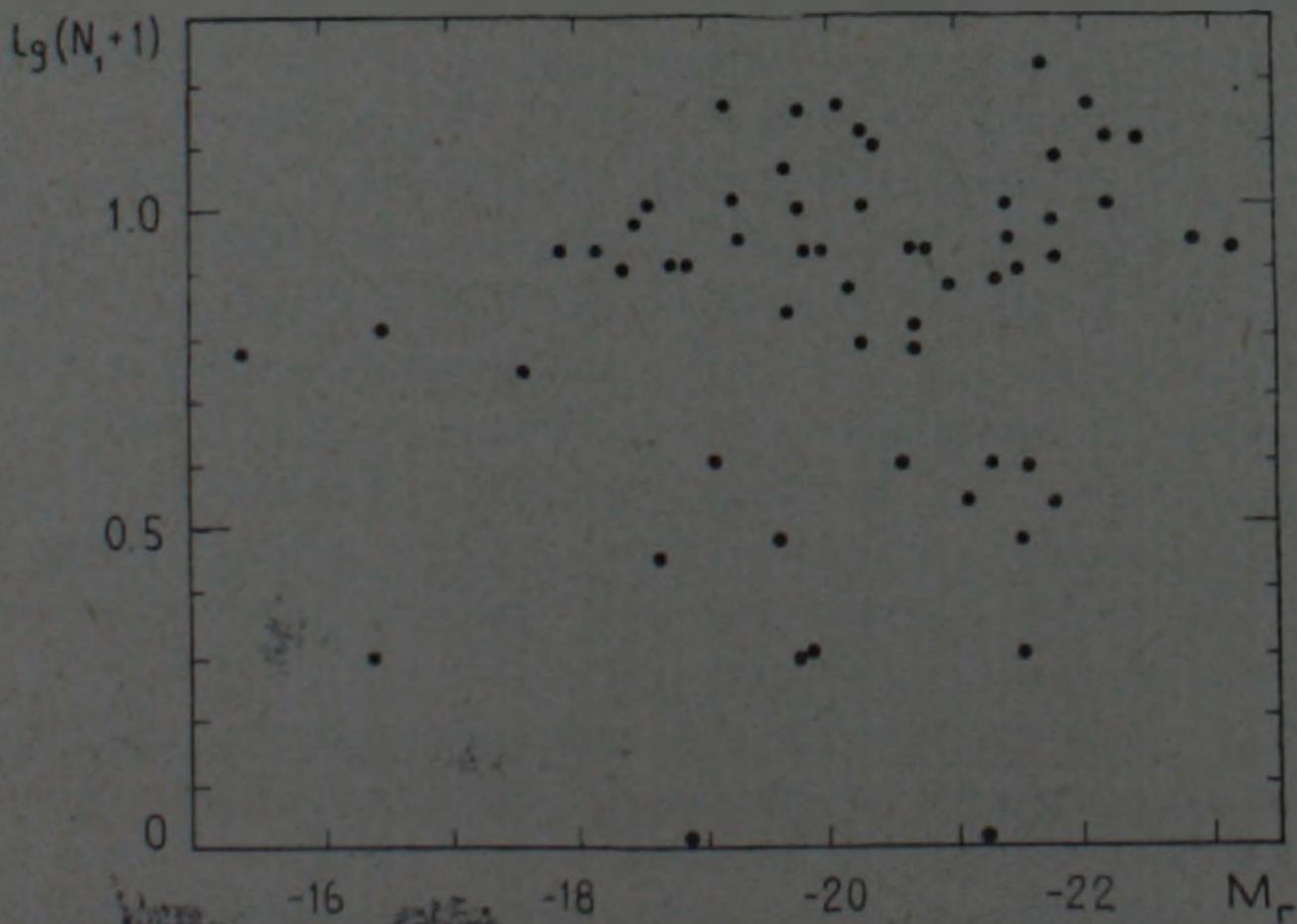


Рис. 3. Зависимость между $lg(N_1+1)$ и абсолютными величинами галактики

группы галактик. Одна—верхняя показывает, как растет M с ростом значений $\lg(N_1+1)$. Но эта связь довольно слабая, что представляет особый интерес. В нижней же группе высокие светимости сопровождаются малыми значениями $\lg(N_1+1)$, за исключением одной галактики (NGC 2976).

Сопоставление значений $\lg(N_1+1)$ с бюраканскими классами галактик показало (см. табл. 2), что независимо от светимости галактик объекты с компактными ядрами (галактики бюраканских классов 5 и 4) содержат много деталей (за исключением трех случаев). Среди галактик с некомпактными ядрами галактики, имеющие мало деталей, встречаются чаще.

Связан ли полученный факт о разделении поздних спиралей высокой поверхностной яркости на две группы по богатству некоторых структурных деталей, таких как мосты, спутники, цепочки ассоциаций, с закономерностями эволюции галактик, сейчас трудно сказать. Важнее, что устанавливается наличие существенных различий в интенсивности формообразовательных процессов, ведущих к возникновению этих морфологических деталей. Тем более интересно, что для галактик низкой поверхностной яркости такого разделения как будто не происходит.

Выражаю свою благодарность академику В. А. Амбарцумяну за непосредственное руководство настоящей работой.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

II. Գ. ԻՍԿՈՒԴԱՐՅԱՆ

Ուշ տիպի պարույրների կառուցվածքային մի բնութագրի մասին

Ուշ տիպի պարույրները պարունակում են մի շարք կառուցվածքային մանրամասներ, որոնք իրենց շափերով փոքր են պարուրաթևերից, բայց սվելի մեծ են միջին շափերի աստղասփյուռներից: Հնդունելով, որ յուրաքանչյուր տիպի մանրամասնի քանակը կարող է գալակտիկան բնութագրող պարամետրի դեր կատարել և որպես գալակտիկան բնորոշող մանրամասներ վերցնելով կամուրջները, արբանյակներն ու աստղասփյուռների շղթաները, ցույց է տրված, որ բարձր մակերևույթային պայծառության ուշ տիպի պարույրները բաժանվում են երկու՝ մեկ մեկուց բավականաչափ գատ խմբերի: Մի խումբը հարուստ է այնպիսի կառուցվածքային մանրամասներով, ինչպիսիք կամուրջներն են, արբանյակներն ու աստղասփյուռների շղթաները, մյուս խումբը աղքատ է նույն մանրամասներից: Մյուս կողմից, ցածր մակերևույթային պայծառության ուշ տիպի պարույրների մոտ նման բաժանում չի դիտվում:

Կապված է այս փաստը գալակտիկաների էվոլյուցիայի օրինաչափու-

թյունների հետ, դեռևս դժվար է ասել: Կարևոր է, որ բացահայտվում է գալակտիկաների տարբեր խմբերում դեպի կառուցվածքային մանրամասների առաջացումը տանող ձևակազմավորման պրոցեսների ինտենսիվության մեջ էական տարբերությունների առկայությունը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ S. Wan den Bergh, Publications DDO, vol. 11, 159 (1960) ² С. Г. Искударян, Сообщ. Бюраканской обс., вып. 46 (1975). ³ H. Arp, Atlas of Peculiar Galaxies, Pasadena, 1966. ⁴ S. G. Iskudarian et al, Communication IAU, Praha, 1967. ⁵ Бюраканский сводный каталог галактик, Сообщ. Бюраканской обс., вып. 47 (1975). ⁶ E. Holmberg, Arkiv for Astronomi, band 3, 387 (1965) ⁷ G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin Jr., Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Austin, London, 1976. ⁸ G. de Vaucouleurs, Ap. J., Suppl. ser., vol. 8, 31 (1963). ⁹ Вопросы физики и эволюции Вселенной, Изд-во АН Арм ССР, Ереван, 1978. ¹⁰ D. S. Heeschen, C. M. Wade, A. J., vol. 69, 277 (1964).