

УДК: 524.74

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ И ОРБИТАЛЬНЫЕ МАССЫ
ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК

В. А. МИНЕВА

Поступила 17 декабря 1985

Принята к печати 20 декабря 1986

Приведена сводка индивидуальных оценок массы 124 компонентов изолированных пар галактик из каталога Тернера, для которых имеются опубликованные данные по дисперсиям скоростей в центральной части галактик, по ширине профиля радиолинии 21 см и по амплитуде кривой вращения галактик. Из сравнения орбитальных оценок массы с суммой индивидуальных масс двойных галактик сделан вывод, что основная часть массы галактик находится в пределах их стандартного оптического диаметра A_{25} . Рассмотренные наблюдательные данные для пар галактик Тернера не содержат никаких аргументов в пользу гипотезы массивных корон. Хорошее согласие между орбитальными и индивидуальными оценками массы наблюдается при почти круговых движениях галактик в парах со средним эксцентриситетом орбит 0.25.

1. *Введение.* Вопрос о существовании невидимых массивных корон вокруг галактик возник в результате обнаружения рядом авторов «плоских» кривых вращения у многих галактик в пределах их оптических границ [1—5]. Из-за сложности измерения скорости вращения вне этих границ трудно сказать что-либо определенное о полной массе и размерах этих невидимых корон.

Изолированные пары галактик дают хорошую возможность решить проблему скрытых масс, так как для них можно одновременно определить индивидуальные массы каждого из компонентов и общую массу галактик по их орбитальному движению. Предположение о существовании массивных корон допускает проверку путем сравнения орбитальной оценки массы с суммой индивидуальных масс у членов пары, определяемых по внутренним движениям. Такая задача требует наличия достаточно большого статистического материала из-за влияния эффектов проекции.

Некоторыми авторами уже проводились такие исследования, но выборки были статистически непредставительными [6—7]. Последние и наиболее полные данные по оценкам орбитальной массы у 423 галактик [8], данные из сравнения орбитальной оценки массы с суммой индивидуальных масс для 37 (4) и 227 двойных галактик [9] свидетельствуют о том, что

основная часть массы галактик заключена в границах их стандартного оптического диаметра A_{25} . Таким образом, присутствие скрытой массы в тесных парах себя не обнаруживает.

Чтобы увеличить статистическую достоверность материала, а также проверить влияние на конечный результат различных способов отбора изолированных пар галактик, мы приводим в настоящей работе результаты оценок массы двойных галактик из списка Тернера [10]. Этот список содержит 156 двойных систем, отобранных по критерию изолированности, с видимыми величинами обоих компонентов ярче $14.^m5$. Для 135 из них была определена дисперсия скоростей в центральных областях галактик [11], что позволяет вычислить индивидуальную массу галактик. Кроме того, мы использовали данные о полуширине профиля радиолинии водорода 21 см и кривых вращения, которые были собраны в каталоге Хатчмайера [12].

2. *Оценки индивидуальных и орбитальных масс.* Оценка полной массы галактики с распределением плотности по закону Вокулера [13] имеет вид

$$\mathfrak{M} = \gamma^{-1} \alpha^{-1} (A_e/2) 3kS_V^2, \quad (1)$$

где S_V^2 — дисперсия звездных скоростей в центральной области галактики; A_e — эффективный линейный диаметр, внутри которого заключена половина светимости (массы) галактики, а коэффициент $\alpha = 0.3358$ характеризует вокулеровский профиль галактики*. Безразмерный фактор k введен для учета изменения дисперсии лучевых скоростей звезд вдоль радиуса галактики. Согласно данным [14] мы приняли $k = 1/2$. Так как эффективный диаметр A_e известен для малого числа галактик, удобнее использовать стандартный изофотный диаметр A_{25} , который измерен для многих галактик. Согласно [9] формула перехода от A_e к A_{25} имеет вид

$$\langle \lg A_{25} \rangle = \langle \lg A_e \rangle + 0.452 + C_T, \quad (2)$$

где член C_T отражает слабую зависимость от морфологического типа галактики. Для разных морфологических типов средние значения этой поправки следующие: 0.00 (E); +0.06 (S0); +0.03 (Sa); -0.02 (Sb); -0.05 (Sc). Таким образом, для вычисления массы галактики мы использовали соотношение

$$\mathfrak{M}_{25} = 0.182 (S_V/100)^2 A_{25} \cdot 10^{C_T}, \quad (3)$$

* Формула (1) с $\alpha = 0.3358$ не вполне применима к галактикам типов Sc и Sm. Таких объектов в настоящей работе около 12%. Если заменить закон Вокулера на экспоненциальный (для тонкого диска галактики), то $\alpha' = 0.422$. Таким образом, оценка массы может уменьшиться на фактор $0.3358/0.422 = 0.80$. Ошибкой 20% можно пренебречь.

где масса выражена в $10^{10} M_{\odot}$, S_V — в км/с, а A_{25} — в кпк. Для определения морфологических типов галактик T , линейных диаметров A_{25} и видимых сжатий e_{25} , приведенных к стандартной изофоте, мы привлекали различные источники данных: каталог Вокулера [15] — R ; каталог Нильсона [16] — N ; Караченцева [17] — K , а также измерения на Паломарском атласе — P . Предпочтение источников данных было в последовательности, которая указана выше. Редукция звездных величин и угловых диаметров осуществлялась по схеме, принятой в [18].

Основные характеристики галактик мы представляем в трех таблицах. В табл. 1 включены результаты определения индивидуальных масс по дисперсии скоростей для обоих компонентов 41 пары, в таблицу 2 — 15 оценок массы для одного более яркого компонента, чья светимость составляет не менее 60% от суммарной светимости членов пары. В табл. 3 мы приводим оценки индивидуальных масс для двух компонентов 7 пар и для более ярких компонентов 13 пар, у которых отсутствовали данные по дисперсии скоростей, но имелась возможность определить M другими способами: по амплитуде кривой вращения галактики (V_m) или по ширине профиля радиолинии 21 см (W). При этом мы воспользовались калибровочной зависимостью, предложенной в [19]:

$$(W_{20})/2 \sin i = 1.2 V_m, \quad (4)$$

где W_{20} — наблюдаемая ширина профиля радиолинии 21 см на уровне 20% от максимальной интенсивности, i — угол наклона оси вращения галактики к лучу зрения, а V_m — максимальная скорость вращения в галактике. Массу галактики, заключенную внутри стандартной изофотой $25 m/\text{кв. сек}$, мы определяли по формуле

$$M_{25} = \gamma^{-1} V_m^2 (A_{25}/2), \quad (5)$$

где γ — постоянная тяготения. Значения W_{20} или V_m были взяты из сводки Хатчмайера [12]. Когда в каталоге [12] имелись только оценки ширины линии на уровне 50%, для перехода к W_{20} использовалось эмпирическое соотношение $W_{20} = 1.38 \langle W_{50} \rangle$.

В столбцах табл. 1 приводятся следующие данные: 1 — номер пары из списка Тернера [10]; 2 — морфологические типы галактики; 3 — лучевые скорости двойных галактик, исправленные за движение Солнца по формуле RCG [15], а также ошибки измерения скорости; 4 — линейные диаметры галактик в кпк, определенные по угловым диаметрам до изофоты $25 m/\text{кв. сек}$ и индивидуальным лучевым скоростям при постоянной Хаббла $H = 75$ км/с Мпк; буквами обозначен источник данных о морфологических типах и величинах A_{25} и e_{25} ; 5 — средняя квадратичная скорость S_V звездных движений в центре галактики и ошибка ее измерения; 6 — логарифм

Таблица 1

№	T	$V_0 \pm \sigma_V$ (км/с)	A_{23} (рпк)	$S_V \pm \sigma_S$ (км/с)	$\lg \mathfrak{M}$ (\mathfrak{M}_\odot)	$\lg f_i$ (f_\odot)	$\lg \mathfrak{M}_k$ $\lg f (f_\odot)$	$\lg \eta$ $\lg X$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4a	E	8668 \pm 27	29.25 K	189 \pm 33	11.28	0.74	11.44	-0.24
b	E	8781 \pm 37	36.78 K	209 \pm 45	11.47	0.89	0.57	1.43
5	E	5136 \pm 46	15.74 R	308 \pm 43	11.43	1.29	13.21	1.01
	E	6826 \pm 25	87.63 R	286 \pm 20	12.11	1.16	2.20	0.86
10	Sb	8850 \pm 30	18.88 N	171 \pm 45	10.98	0.15	11.57	-0.004
	Sa	8783 \pm 40	37.47 N	196 \pm 50	11.45	0.60	0.43	2.02
12	E	6053 \pm 33	23.71 K	261 \pm 34	11.47	1.11	10.77	-0.89
	E	6172 \pm 30	25.37 K	192 \pm 35	11.23	0.82	0.079	0.72
13	E	9522 \pm 27	36.93 N	263 \pm 29	11.67	0.91	12.71	0.83
	E	9330 \pm 27	36.19 N	212 \pm 30	11.47	0.84	1.71	2.24
21	Sc	11425 \pm 32	46.97 P	173 \pm 47	11.36	0.40	10.77	-1.40
	Sa	11443 \pm 31	42.16 P	400 \pm 28	12.12	1.13	-0.51	2.36
27	Sa	7800 \pm 25	44.17 K	124 \pm 43	11.12	0.50	13.37	1.74
	E	7184 \pm 25	40.40 K	202 \pm 25	11.48	0.96	2.50	1.89
31	Sa	8038 \pm 24	37.41 N	207 \pm 25	11.49	0.72	12.93	1.19
	Sb	8289 \pm 30	32.15 N	206 \pm 43	11.37	0.93	1.99	2.23
33	Sb	9511 \pm 28	22.87 P	202 \pm 41	11.21	0.26	12.70	1.01
	S0	9789 \pm 32	49.36 N	177 \pm 43	11.51	0.76	1.72	1.92
43	E	5366 \pm 30	31.22 K	245 \pm 25	11.53	1.14	13.65	1.93
	S0	7015 \pm 24	33.74 K	160 \pm 32	11.26	0.79	2.92	1.32
47	E	804 \pm 22	5.30 R	178 \pm 26	10.49	1.51	11.97	0.48
	S0	1127 \pm 20	13.51 R	314 \pm 20	11.44	1.28	1.77	1.05
48	Sa	6679 \pm 22	34.19 K	287 \pm 19	11.74	1.35	12.39	0.49
	Sa	6522 \pm 21	31.11 K	200 \pm 25	11.39	0.99	1.69	2.10
52	E	7277 \pm 32	41.77 R	477 \pm 27	12.24	1.63	13.33	0.99
	E	6315 \pm 33	36.25 R	260 \pm 33	11.65	1.04	2.42	1.46
53	E	5453 \pm 24	21.36 P	167 \pm 26	11.03	0.69	13.71	2.08
	E	6895 \pm 20	26.74 P	256 \pm 20	11.50	0.86	2.88	1.49
58	S0	6458 \pm 26	45.59 R	269 \pm 26	11.84	1.10	12.85	0.87
	Sb	6822 \pm 21	34.40 N	209 \pm 20	11.42	0.86	1.89	1.83
59	Sc	7293 \pm 26	42.71 R	161 \pm 37	11.25	0.72	12.02	0.46
	S0	7489 \pm 26	42.12 R	144 \pm 50	11.26	0.67	1.16	1.54
60	Sa	4332 \pm 27	43.52 K	135 \pm 42	11.19	1.07	13.87	2.44
	Sb	3156 \pm 22	30.72 R	149 \pm 50	11.07	0.59	3.23	1.83
65	S0	869 \pm 10	13.72 R	107 \pm 50	10.52	0.98	12.25	1.03
	S0	1184 \pm 20	14.51 R	211 \pm 16	11.13	0.98	2.01	1.36

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
68	E	608 \pm 24	4.39 R	86 \pm 50	9.77	0.81	13.35	2.14
	S0	1850 \pm 18	26.69 R	169 \pm 16	11.20	0.76	1.38	1.27
82	Sb	6793 \pm 23	45.84 R	243 \pm 21	11.67	1.01	12.46	0.62
	E	6275 \pm 23	32.13 R	199 \pm 24	11.36	0.99	1.62	1.14
84	Sa	6943 \pm 23	45.78 N	169 \pm 25	11.41	0.90	11.39	-0.32
	Sb	6888 \pm 22	26.98 P	230 \pm 19	11.39	1.11	0.68	2.01
85	Sc	579 \pm 23	24.61 R	125 \pm 48	10.79	0.23	10.80	-0.37
	Sa	664 \pm 23	13.83 R	175 \pm 30	10.92	0.95	0.14	1.04
86	S0	6807 \pm 24	22.70 K	166 \pm 29	11.12	0.85	11.49	0.20
	E	6935 \pm 26	22.59 K	126 \pm 41	10.81	0.53	0.91	1.37
92	Sb	6174 \pm 24	18.68 P	173 \pm 30	10.99	0.59	8.04	-3.30
	E	6176 \pm 20	19.16 N	156 \pm 30	10.93	0.25	-2.80	1.55
95	Sc	7983 \pm 25	21.36 K	118 \pm 50	10.68	0.28	9.98	-1.00
	E	7945 \pm 22	19.72 K	112 \pm 37	10.65	0.27	-0.72	0.92
99	E	8033 \pm 26	19.32 P	200 \pm 26	11.15	0.41	13.47	1.92
	E	7533 \pm 28	37.98 N	176 \pm 33	11.33	0.19	2.19	2.18
102	S0	5764 \pm 33	17.88 N	217 \pm 37	11.25	0.91	11.67	0.18
	S0	5654 \pm 28	15.35 N	199 \pm 31	11.10	0.78	1.04	1.69
104	Sa	4451 \pm 25	17.26 N	174 \pm 25	11.01	1.05	11.59	-0.20
	S0	4559 \pm 22	31.83 N	277 \pm 20	11.71	1.44	1.15	1.62
108	Sb	2364 \pm 20	25.21 R	120 \pm 34	10.80	0.71	15.63	4.06
	E	13238 \pm 30	28.75 P	241 \pm 40	11.48	0.62	4.70	1.66
110	S0	7964 \pm 32	37.68 K	176 \pm 43	11.39	0.74	12.33	0.46
	E	8244 \pm 27	51.16 K	231 \pm 26	11.70	0.87	1.28	1.54
115	E	6925 \pm 22	19.61 P	95 \pm 45	10.51	0.09	11.98	0.67
	Sb	7028 \pm 30	29.98 N	182 \pm 35	11.24	0.76	1.23	2.05
121	E	2235 \pm 24	3.50 P	208 \pm 20	10.49	0.67	12.12	0.63
	E	1710 \pm 20	22.48 R	262 \pm 20	11.45	1.07	1.64	0.79
129	Sb	4979 \pm 22	28.97 N	124 \pm 50	10.89	0.56	12.47	1.20
	E	5223 \pm 28	12.56 P	221 \pm 28	11.05	1.01	1.97	1.80
131	S0	5317 \pm 25	37.53 R	147 \pm 38	11.23	0.91	13.25	1.51
	E	4837 \pm 25	40.15 R	229 \pm 23	11.58	1.16	2.57	1.99
134	E	12149 \pm 22	54.66 K	289 \pm 19	11.92	1.06	13.44	1.28
	E	13306 \pm 23	38.70 K	295 \pm 20	11.79	0.86	2.25	1.42
136	S0	11938 \pm 28	67.14 R	313 \pm 21	12.14	1.16	14.66	2.39
	E	13463 \pm 27	48.56 R	327 \pm 33	11.70	0.64	3.34	2.40
141	Sa	7590 \pm 25	22.56 P	172 \pm 31	11.12	0.71	13.60	1.82
	S0	7058 \pm 40	38.32 N	242 \pm 30	11.67	0.99	2.74	2.25

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
144	SO	7980 \pm 25	59.11 R	200 \pm 31	11.69	0.93	11.41	-0.46
	E	8094 \pm 31	25.43 K	226 \pm 37	11.37	0.83	0.44	1.40
145	Sb	6305 \pm 28	46.46 N	278 \pm 28	11.79	1.24	12.38	0.48
	Sa	6421 \pm 27	42.34 N	142 \pm 40	11.22	0.66	1.52	2.36
150	E	5639 \pm 30	45.71 K	230 \pm 25	11.64	1.07	9.93	-1.82
	E	5652 \pm 28	27.84 K	169 \pm 40	11.16	0.90	-0.82	1.80
155	Sb	3542 \pm 25	64.29 R	140 \pm 36	11.34	0.91	12.31	0.77
	SO	3705 \pm 18	22.99 N	165 \pm 30	11.12	0.83	1.65	1.99

рифт индивидуальной массы галактики в единицах массы Солнца. Оценки \mathfrak{M} сделаны по формуле (3); 7 — логарифм отношения массы к светимости $f = \mathfrak{M}/L$ у компонентов пар; 8 — в первой строке указан логарифм суммарной массы компонентов в единицах солнечной массы. Она определялась выражением

$$\mathfrak{M}_k = (32/3\pi) \gamma^{-1} X y^2, \quad (6)$$

где коэффициент в скобках является средним значением фактора проекции для круговых движений компонентов и изотропной ориентации орбит, y — разность лучевых скоростей членов пары, а X — проекция линейного расстояния между ними; во второй строке — логарифм отношения орбитальной массы пары к суммарной светимости ее компонентов; 9 — в первой строке приведен логарифм безразмерного фактора $\eta = \mathfrak{M}_k / (\mathfrak{M}_a + \mathfrak{M}_b)$, индексы a и b относятся к первому и второму компонентам пары. Для пары галактик величина η отражает индивидуальное отклонение фактора проекции от среднего значения. Оно также может указывать на присутствие скрытой массы в объеме между компонентами; во второй строке приведен логарифм линейного расстояния X между членами пары (в кпк).

Табл. 2 содержит аналогичные данные для пар галактик с оценкой массы главного компонента. Индивидуальную массу слабого компонента мы определяли по его светимости, полагая одинаковым отношение $f = \mathfrak{M}/L$ у обоих членов пары.

Табл. 3 отличается от предыдущих только данными столбца 5, где вместо средней квадратичной скорости S_V из [11] указана максимальная скорость вращения, полученная по кривой вращения (V) или по ширине водородной радиолинии (W) с преобразованием (4). Здесь тоже масса менее яркого компонента определялась так, как и в табл. 2.

Представленные в табл. 1, 2 и 3 данные мы использовали для изучения разных соотношений между структурными и динамическими параметрами двойных галактик.

Таблица 2

№	T	$V_0 \pm \sigma_V$ (км/с)	A_{25} (кпк)	$S_V \pm \sigma_S$ (км/с)	$\lg \Sigma R$ (ΣR_\odot)	$\lg f_l$ (f_\odot)	$\lg \Sigma R_k$ $\lg f(f_\odot)$	$\lg \eta$ $\lg X$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3a	E	1981 \pm 22	10.76 N	210 \pm 22	10.94	0.99	11.27	0.20
b	Sb	1916 \pm 32	7.45 N	—			1.20	1.75
24	E	7602 \pm 32	27.71 K	326 \pm 31	11.73	1.00	12.12	0.22
	S0	7166 \pm 36	19.18 K				1.24	0.95
30	Sb	5399 \pm 28	33.52 N				14.81	3.87
	Sb	2130 \pm 24	23.30 R	142 \pm 47	10.91	0.34	4.07	1.88
44	E	3371 \pm 25	31.38 R	257 \pm 20	11.58	1.06	10.68	-1.03
	Sa	3324 \pm 26	18.57 R				0.03	1.44
49	Sc	849 \pm 30	8.24 N				10.94	0.35
	Sb	747 \pm 22	8.43 K	132 \pm 40	10.41	1.10	1.42	1.02
56	E	2340 \pm 31	5.08 R				13.21	1.68
	E	1483 \pm 24	29.51 R	247 \pm 20	11.52	0.93	2.59	1.45
64	Sb	6936 \pm 26	29.60 R				15.22	4.54
	E	1178 \pm 20	10.69 R	142 \pm 22	10.59	0.96	4.64	1.89
66	S0	703 \pm 15	19.30 R	210 \pm 14	11.25	1.06	11.66	0.32
	Sb	859 \pm 8	12.97 R				1.35	1.37
70	Sm	3077 \pm 38	26.27 N				12.75	1.48
	S0	2684 \pm 20	23.11 K	177 \pm 25	11.18	0.87	2.32	1.66
78	Sc	1378 \pm 41	16.15 R				12.11	0.32
	E	1023 \pm 20	28.73 R	323 \pm 30	11.74	1.11	1.39	1.10
90	S0	2331 \pm 31	41.06 R				11.60	0.47
	Sc	2519 \pm 25	54.91 R	118 \pm 40	11.09	0.50	0.98	1.15
105	S0	1641 \pm 30	11.84 R				9.43	-1.65
	E	1625 \pm 19	16.20 R	189 \pm 20	11.02	0.87	-0.80	1.12
120	S0	3409 \pm 22	33.19 R	196 \pm 20	11.43	0.94	11.62	0.13
	S0	3511 \pm 29	34.19 R				1.05	1.71
139	Sa	3949 \pm 22	11.49 P				12.07	0.26
	E	3803 \pm 16	33.78 R	303 \pm 21	11.75	1.07	1.31	1.85
151	E	2674 \pm 22	14.01 R				10.93	-0.42
	Sb	2620 \pm 23	71.94 R	130 \pm 42	11.32	0.33	-0.09	1.57

Таблица 3

№	T	V_0 (км/с)	A_{25} (кпп)	$V_{m, w}$ (км/с)	$\lg \Sigma R$ (ΣR_{\odot})	$\lg f_i$ (f_{\odot})	$\lg \Sigma R_k$ $\lg f(f_{\odot})$	$\lg \eta$ $\lg X$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11a	E	6588±24	16.61 P	—	—	—	15.02	4.54
b	Sm	1513±30	13.50 N	w 101	10.20	1.07	4.76	1.71
16	E	1173±24	11.37 N	—	—	—	10.92	-0.32
	Sb	1068±41	14.10 P	w 279	11.10	1.32	0.97	0.98
20	Sc	1591±6	10.50 P	w 115	10.21	0.10	10.32	-0.17
	Sc	1646±16	12.30 P	w 103	10.18	0.18	-0.04	0.94
23	S0	2978±26	8.08 N	w 268	10.83	0.59	10.47	-0.46
	Sc	2952±36	19.46 N	—	—	—	0.05	1.74
41	Sc	6977±30	29.90 P	w 157	10.93	0.38	11.10	0.06
	Sc	7051±30	18.70 P	—	—	—	0.44	1.47
57	Sa	1022±8	28.50 P	w 95	10.47	0.31	15.32	4.82
	Sb	6779±22	36.81 N	—	—	—	4.63	1.89
69	Sc	512±50	5.10 P	w 144	10.09	1.05	10.98	0.45
	Sc	634±26	12.80 P	w 122	10.34	0.22	0.82	0.91
72	Sb	2112±43	20.20 P	v 182	10.89	0.50	10.26	-1.10
	Sc	2158±40	29.30 P	w 209	11.17	0.70	-0.48	1.03
80	Sa	6666±50	23.10 P	v 303	11.39	1.04	11.32	-0.31
	Sa	6532±27	22.00 P	v 265	11.25	0.98	0.71	1.17
89	S0	1161±23	12.61 N	w 202	10.78	1.05	14.80	3.95
	Sa	5494±32	23.44 N	—	—	—	4.45	1.63
90	E	2334±31	8.70 P	—	—	—	12.37	0.38
	Sb	2522±25	43.50 P	w 183	11.23	0.58	1.70	1.19
93	Sc	3494±31	25.75 N	—	—	—	11.17	-0.17
	Sc	3579±10	34.10 P	w 315	11.59	0.92	0.37	1.42
96	Sb	2023±27	13.10 P	w 158	10.58	0.45	11.47	0.73
	E	2141±23	14.95 N	—	—	—	1.15	1.41
113	Sm	1326±34	5.20 P	w 89	9.68	0.65	10.87	0.70
	Sm	1392±32	7.20 P	w 108	9.99	0.76	1.42	1.33
117	Sb	6201±33	28.86 N	—	—	—	10.91	-0.12
	Sb	6146±20	25.30 P	w 160	10.88	0.26	0.12	2.07
120	E	3409±22	29.09 P	w 330	11.57	1.10	11.62	-0.01
	Sa	3511±29	23.15 P	—	—	—	1.06	1.71
126	Sa	2667±31	10.34 N	—	—	—	10.78	0.23
	Sa	2777±14	16.90 P	w 103	10.32	0.24	0.51	0.71
138	Sb	2834±28	18.50 P	w 152	10.70	0.53	10.64	-0.65
	Sb	2793±30	27.90 P	w 213	11.17	0.60	-0.07	1.52
142	S0	5295±25	34.91 N	w 153	10.98	0.10	11.02	-0.22
	Sa	5333±28	22.75 N	w 174	10.90	0.48	0.02	1.97
143	Sa	3036±30	17.66 N	w 129	10.53	0.57	11.10	0.31
	Sc	3125±37	23.03 N	—	—	—	0.83	1.31

Распределение 124 компонентов двойных систем по величине f представлено на рис. 1. Оно имеет асимметричный вид, близкий к логарифмически-нормальному закону. Среднее значение f составляет 8.7 ± 0.6 со стандартным отклонением $\sigma_f = 6.3$. Этот результат хорошо согласуется с аналогичным средним для 69 галактик — $\langle f \rangle = 8.5 \pm 0.8$, полученным по центральной дисперсии лучевых скоростей [9]. В этих двух случаях среднее значение f_{SV} несколько выше, чем среднее для изолированных [4] и двойных [5, 9] галактик, где оценка массы определялась по кривым вращения и ширине водородной радиولينии.

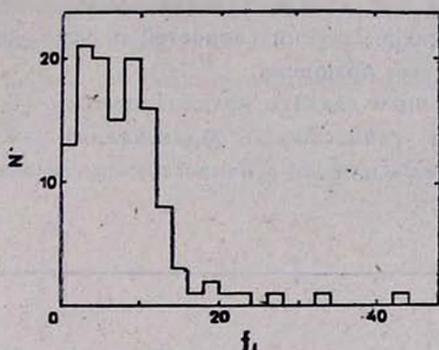


Рис. 1. Распределение 124 компонентов двойных галактик по отношению массы, измеренной в пределах изотопы 25 m/kv . сек, к светимости в солнечных единицах.

Как отмечалось раньше [9], причиной этого могут быть различия в относительном числе эллиптических галактик, а также применение к галактикам позднего типа сферической модели вместо модели тонкого диска при определении их массы по V_m и W_{20} . В табл. 4 мы приводим средние значения

Таблица 4

T	$\langle f \rangle \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	$\langle f \rangle \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	n	Литература
E	9.7 ± 1.1	44	9.7 ± 1.0	8	[20]
S0	9.1 ± 1.1	24	8.3 ± 0.5	70	[21]
Sa	7.8 ± 1.1	18	6.9 ± 0.7	82	[22]
Sb	6.5 ± 1.1	23	7.2 ± 0.7	23	[3]
Sc	3.9 ± 0.9	12	4.2 ± 0.4	20	[3]

ния f для различных морфологических типов. Изменение средних значений f вдоль хаббловской последовательности хорошо согласуется с данными других авторов, указанными в правой части табл. 4. Из-за малой статисти-

ки (3 объекта) среднее значение для типа Sm мы не приводим. В первом столбце табл. 4 указан тип галактики, во втором и третьем — среднее значение f по нашим оценкам и число галактик, в четвертом—шестом столбцах — аналогичные величины по данным других авторов.

По приведенным в таблицах данным наблюдается положительная корреляция между f_1 и f_2 . Раньше эта особенность была отмечена в [5, 23] по небольшому числу изолированных пар. Наши данные повышают статистическую значимость этого эффекта. Коэффициент корреляции для пар Тернера получился равным $+0.4 \pm 0.12$, т. е. в два раза ниже, чем в [5]. Вероятно, на результате сказывается различие в однородности наблюдательных данных: здесь мы определяли индивидуальные массы компонентов пар двумя методами (по дисперсии скоростей и радиолнии 21 см HI), а в [5] — только по кривым вращения.

Было бы естественным связать наличие положительной корреляции в оценках f с условиями совместного образования членов пары из общей протогалактической среды или же с близостью путей эволюции галактик в двойных системах.

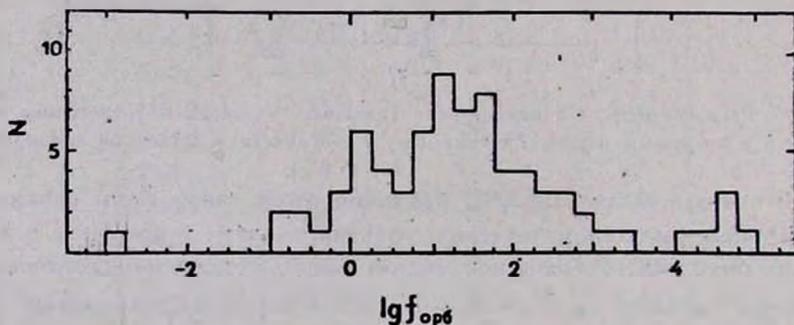


Рис. 2. Распределение 76 пар галактик по отношению суммарной массы к суммарной светимости (в логарифмическом масштабе).

По аналогии с рис. 1, на рис. 2 показано распределение 76 пар галактик по отношению суммарной массы к суммарной светимости в логарифмическом масштабе (чтобы охватить весь диапазон значений f). Суммарная масса пары определена по орбитальному движению галактик (формула (3)). Вид этого распределения близок к логарифмически-нормальному закону со средним значением $\langle \lg f \rangle = 1.39 \pm 0.16$ и стандартным отклонением $\sigma = 1.41$.

В правой части рис. 2 выделяются шесть пар с $f > 10^4$, которые следует считать оптическими. Кроме того, из-за мягкости критерия изолиро-

ванности Тернера, его выборка должна содержать немалое число ложных (неизолированных) пар, образованных членами групп и скоплений галактик. Такие ложные пары на рис. 2 перекрываются с физическими, удлиняя распределение в сторону оптических пар. Следуя [8], мы считали истинными изолированными парами только те, у которых отношение орбитальной массы к светимости не превышало $100 f_{\odot}$. Распределение 56 таких двойных систем изображено на рис. 3. По горизонтальной оси отложено отношение орбитальной массы к светимости f_c , исправленное за ошибки измерения лучевых скоростей галактик: $f_c = (1 - \sigma_j^2/j^2) \cdot f$. Распределение характеризуется средним значением 17.6 ± 3.1 со стандартным отклонением 23.4. Из-за ошибок измерения лучевых скоростей несколько пар оказались в области отрицательных значений. В целом точность определения лучевых скоростей в [11] достаточно высока, и различие между $\langle f_c \rangle$ и $\langle f \rangle$ не превышает 10%.

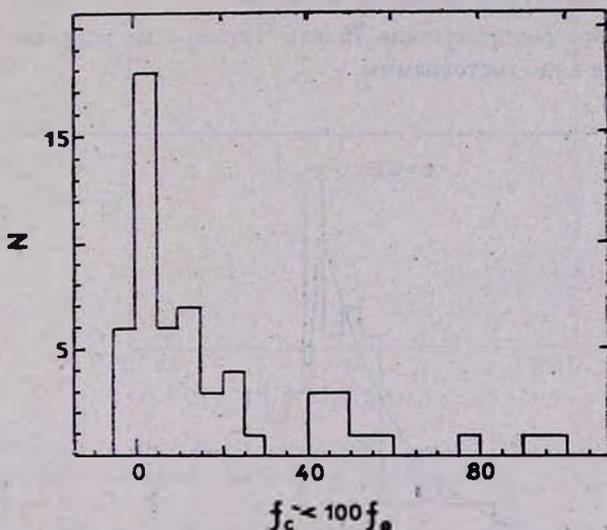


Рис. 3. Распределение 56 двойных систем по логарифму отношения орбитальной массы к суммарной светимости (для $f_c < 100 f_{\odot}$). Величины f_c исправлены за ошибки измерения лучевых скоростей галактик.

У асимметричных распределений, каким является и гистограмма на рис. 4, одно-два значения на «хвосте» распределения сильным образом влияют на оценку среднего. Поэтому часто вместо среднего значения используют медиану распределения. По данным рис. 3 медианное значение составляет $9.0 f_{\odot}$, что весьма близко к медиане ($7.3 f_{\odot}$) для распределения индивидуальных отношений массы к светимости на рис. 1.

3. О скрытой массе в парах Тернера. Как было отмечено выше, о существовании избыточной (скрытой) массы вокруг двойных галактик можно судить из сравнения орбитальной оценки массы с суммой индивидуальных значений массы у компонентов пары. При отсутствии скрытой массы распределение безразмерной величины $\eta = M_A / (M_A + M_B)$ зависит только от эксцентриситета орбиты пары и предположения о хаотической ориентации пар относительно наблюдателя. В случае круговых движений у двойных галактик распределение их по величине $\lg \eta$ характеризуется монотонным увеличением с ростом η и резким обрывом на $\eta = 32/3\pi$ [9]. По мере перехода ко все более вытянутым орбитам максимум распределения $P\{\lg \eta\}$ становится менее острым и перемещается в область малых значений η . Сравнивая наблюдаемое распределение с набором ожидаемых при различных эксцентриситетах орбит, мы можем проверить справедливость исходной предпосылки (отсутствие скрытых масс) и оценить средний эксцентриситет орбиты у двойных галактик.

Наблюдаемое распределение 76 пар Тернера по величине $\lg \eta$ изображено на рис. 4 в виде гистограммы.

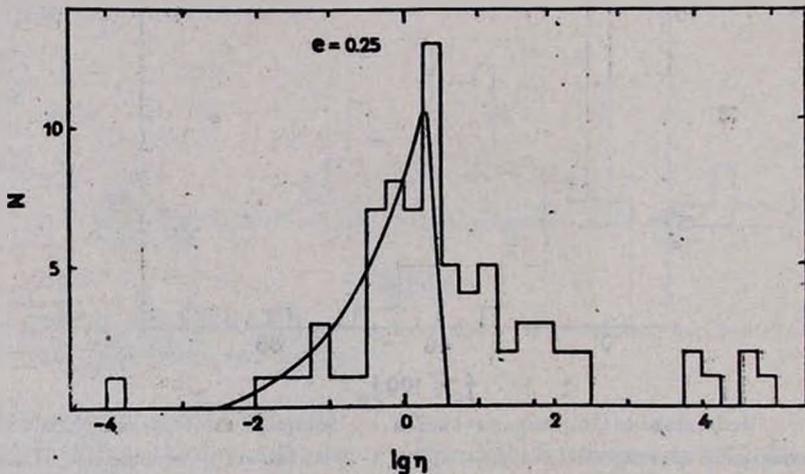


Рис. 4. Распределение 76 двойных систем по логарифму отношения орбитальной массы к сумме индивидуальных масс (гистограмма). Кривая указывает ожидаемое распределение при случайной ориентации пар и эксцентриситете орбит $e = 0.25$.

Прежде чем сравнивать его с ожидаемым распределением, необходимо исключить из выборки ложные двойные системы. Очевидно, что ложные пары могут иметь произвольные значения фактора η , в том числе и в запрещенной области $\eta > \eta_{\max} = 64/3\pi$ [9]. Некоторые пары без избытка

скрытой массы могут оказаться вблизи критического значения η_{\max} из-за ошибок измерения лучевых скоростей.

Относительное число пар с $\lg \eta > 1$ составляет 30% от всей выборки. Это хорошо согласуется с оценкой доли ложных пар среди объектов Тернера по данным ван Морсела [7]*.

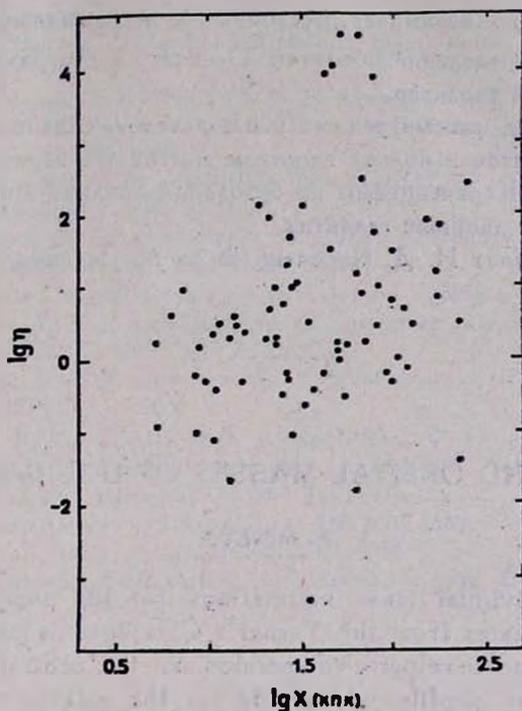


Рис. 5. Зависимость отношения орбитальной массы к сумме индивидуальных масс от проекции линейного расстояния в кпк между членами пары.

Распределение остальной части (70%) пар удовлетворительно соответствует ожидаемому распределению при значениях эксцентриситетов орбиты в интервале $e = (0.0-0.4)$. Как и в случае двойных галактик из каталога Караченцева, наилучшее согласие получается для $e = 0.25$, т. е. почти

* По оценке ван Морсела [7] среди пар Тернера 34% — члены групп и скоплений галактик и 15% — оптические пары. По данным И. Караченцева [8] эти числа: 36% и 20% соответственно. Пиччио и Танцилла—Нитти [24] приводят также близкие значения: 40% и 19%. Таким образом, относительное число ложных пар у Тернера колеблется по разным оценкам от 49% до 59%. Поэтому вполне правомерно все 30% пар с $\lg \eta > 1$ считать неизолрованными парами. Проверка на Паломарских картах нужна была лишь как дополнительный аргумент в пользу неизолрованности пар с $\lg \eta > 1$.

круговых орбит. Теоретическое распределение $P(\lg \eta)$ при $e = 0.25$ представлено на рис. 4 непрерывной линией. Отмечая одинаковую оценку эксцентриситета орбит $e = 0.25$ по парам Тернера и Караченцева, укажем на то, что эти выборки перекрываются по общим объектам всего на 34%. Если бы двойные галактики Тернера были окружены массивными невидимыми оболочками, то это проявилось бы себя в систематическом росте параметра η с увеличением взаимного расстояния X между членами пары. В действительности распределение объектов Тернера на диаграмме $(\lg \eta, \lg X)$ (рис. 5) имеет иной характер.

Таким образом, рассмотренные наблюдательные данные не содержат каких-либо аргументов в пользу гипотезы массивных корон. Аналогичный вывод был сделан Караченцевым на основании анализа другой совокупности изолированных двойных галактик.

Автор благодарит И. Д. Караченцева за обсуждения и ценные замечания.

INDIVIDUAL AND ORBITAL MASSES OF DOUBLE GALAXIES

V. A. MINEVA

A list of individual mass estimations for 124 components of isolated pairs of galaxies from the Turner's Catalogue is presented. Literature data for radial-velocity dispersion in the central parts of galaxies, for 21-cm line profile width, and for the galaxies' rotation curve amplitude are used. Comparing the estimated values for the sum of orbital mass and individual masses for the double galaxies a conclusion has been made that the major part of mass of the galaxies is concentrated inside their standard optical diameter A_{25} . Observational data considered for Turner's double galaxies do not contain any arguments in advantage with the massive corone hypothesis. Good agreement between orbital and individual mass estimations is obtained under nearly circular motion of galaxies in the pairs with the mean eccentricity of orbits 0.25.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. S. Shostak, D. H. Rogstad, *Astron. and Astrophys.*, 24, 405, 1973.
2. V. G. Rubin, W. K. Ford, N. Thonnard, *Astrophys. J.*, 238, 471, 1980.
3. V. G. Rubin, W. K. Ford, N. Thonnard, *Astrophys. J.*, 261, 439, 1982.

4. И. Д. Караченцев, В. А. Минева, Письма в Астрон. ж., 10, 253, 1984.
5. И. Д. Караченцев, В. А. Минева, Письма в Астрон. ж., 10, 563, 1984.
6. И. Д. Караченцев, Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, 11, 51, 1974.
7. G. A. van Moorsel, Neutral Hydrogen Observations of Binary Galaxies, Rijksuniversiteit te Groningen, 1983.
8. И. Д. Караченцев, Астрофизика, 17, 249, 429, 1981.
9. И. Д. Караченцев, Астрон. ж., 62, 3, 1985.
10. E. L. Turner, Astrophys. J., 208, 20, 1976.
11. S. D. White, J. Huchra, D. Latham, M. Davis, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 203, 701, 1983.
12. W. K. Huchtmeier, O. G. Richter, H. D. Bohnenstengel, M. Hauschildt, A. General Catalog of HI Observations of External Galaxies, European Southern Observ., Prepr., No. 250, 1983.
13. A. Poveda, Boll. Observ. Tonantzintla y Tacubaya, 17, 3, 1958.
14. J. L. Tonry, Astrophys. J., 266, 58, 1983.
15. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. Corwin, Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Austin, Univ. Texas, 1976.
16. P. Nilson, Uppsala General Catalogue of Galaxies, Uppsala, 1973.
17. И. Д. Караченцев, Каталог изолированных пар галактик северного неба. Сообщ. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, 7, 3, 1972.
18. И. Д. Караченцев, В. Е. Караченцева, А. Л. Щербановский, Изв. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, 19, 5, 1985.
19. J. R. Fisher, R. B. Tully, Astrophys. J. Suppl. Ser., 47, 139, 1982.
20. E. M. Malumuth, R. P. Kirshner, Astrophys. J., 251, 508, 1931.
21. J. L. Tonry, M. Davis, Astrophys. J., 666, 246, 1981.
22. W. K. Huchtmeier, Astron. and Astrophys., 110, 121, 1982.
23. J. R. Dickel, H. J. Rood, Astron. J., 85, 1003, 1980.
24. G. Picchio, G. Tanzella-Nitti, Astron. and Astrophys., 142, 21, 1985.