АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 16 МАЙ, 1980 ВЫПУСК 2

УДК 523.855

СВОДКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ ОТНОШЕНИЯ МАССЫ К СВЕТИМОСТИ ДЛЯ 440 ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК

И. Д. КАРАЧЕНЦЕВ

Поступила 17 сентября 1979

Сводка двойных галактик из каталога [2] содержит разность лучевых скоростей компонентов пары, их взаимное линейное расстояние и отношение орбитальной массы к светимости. Распределение разности скоростей в парах представляется зависимостью $\exp(-y/a)$ с $a = \langle|y|\rangle = 105$ км/с. Среднее отношение массы к светимости не зависит от расстояния между компонентами и составляет 10.8 ± 1.2. Широкие окрестности двойных галактик не содержат заметного избытка массы.

1. *Введение.* До настоящего времени проблема существования в системах галактик избытка «скрытой» массы остается дискуссионной. В обстоятельном обзоре Фабера и Галлахера [1] суммированы определения масс галактик разными методами и отмечены многие эффекты, затрудняющие точную оценку массы систем галактик. Являясь простейшим классом систем, пары галактик представляются наиболее подходящими объектами для корректного определения масс, т. к. эффекты проекции и избирательности в парах легче исследовать, чем в группах и скоплениях. Очевидно, первостепенным обстоятельством является статистическая однородность исходной выборки двойных галактик и наличие в ней как можно меньшего числа случайных (оптических) пар. Для детального и всестороннего анализа проблемы скрытой массы в парах необходимо радикальное увеличение наблюдательного материала и, в первую очередь, измерение взаимных скоростей двойных галактик.

2. *Наблюдательные данные.* В этой статье представлена сводка измерений взаимной скорости у 440 двойных галактик из Каталога изолированных пар галактик северного неба [2]. По этим результатам были вычислены отношения орбитальной массы пары к ее суммарной светимости.

Основной наблюдательный материал составляют новые измерения 600 лучевых скоростей у двойных галактик, выполненные автором в 1977—1979 гг. на 6-метровом телескопе САО АН СССР [3]. Данные о 301 паре были дополнены измерениями скоростей у 40 пар на Паломарском 5-метровом телескопе [4], а также данными Тэрнера [5] (23 пары) и сведениями из Сводного каталога Вокулеров [6] (42 пары). Для остальных 34 пар нашей сводки отдельные лучевые скорости опубликованы в работах [7—23].

3. *Сводка.* В сводной таблице (Приложение) представлены следующие характеристики двойных галактик:

1 — номер пары по каталогу [2];

2 — разность лучевых скоростей, y, западного («a») и восточного («b») компонентов пары;

3 — средняя квадратичная ошибка измерения разности, ε_y;

4 — проекция линейного расстояния между компонентами, X, вычисленная по средней лучевой скорости пары при постоянной Хаббла $H_0 = 75$ км $\cdot$ с$^{-1}$ Мпс$^{-1}$; для нескольких пар из скопления в Деве при определении X использована средняя скорость скопления галактик.

Столбцы 5 и 6 содержат отношения орбитальной массы к суммарной светимости пары f и f_c в солнечных единицах, вычисленные по формуле

$$f_c = (32/3\pi)\,\gamma^{-1}\,X\,(y^2 - \varepsilon_y^2)\,L^{-1}, \qquad (1)$$

где γ — постоянная тяготения, а L — суммарная светимость компонентов с учетом K-поправки и поглощения света в Галактике.

Величина f_c представляет собой статистически несмещенную оценку отношения массы к светимости, которая может принимать отрицательные значения, когда ошибки измерения скоростей велики ($\varepsilon_y^2 > y^2$). Игнорируя ошибку измерения взаимных скоростей, т. е. полагая в (1) $\varepsilon_y = 0$, мы имеем смещенную оценку, f, которая соответствует оценке орбитальной массы по принципу максимального правдоподобия. При усреднении по выборке правильное значение среднего дает величина $\langle f_c \rangle$.

Отметим, что мы предполагаем круговой характер орбит у двойных галактик. Этому соответствует фактор проекции $(3\pi/32)$. Если истинные орбиты имеют эксцентриситет e, то оценки f и f_c следует разделить на коэффициент $(1—2e^2/3)$.

4. *Отношение массы к светимости и ложные пары.* При составлении каталога [2] особое внимание было обращено на обособленность двойных галактик по отношению к их ближайшим соседям сравнимой яркости. Принятый в [2] критерий изолированности позволил получить наибольшее относительное число истинно физических пар по сравнению с други-

ми списками двойных галактик [24, 5]. Тем не менее, случайные, оптические пары в нашей сводке присутствуют и составляют около 12% всей выборки.

Отбор двойных галактик в каталоге [2] выполнялся на картах Паломарского атласа. Из-за большого контраста Паломарских карт структура наиболее тесных пар и центральных частей галактик трудно различима. Этим обстоятельством вызвано наличие в [2] некоторого числа ($\sim 5\%$) ложных пар. Наиболее частым среди них было проектирование звезды на центральную (передержанную на Паломарском атласе) область одиночной галактики. Такие случаи (например, объекты № 42, 43 в Приложении) распознавались при спектральных наблюдениях двойных галактик.

Таблица 1

Число пар	Все	SS	SE	EE
В каталоге [2]	603	359	165	79
Исследованных	440	292	95	53
Одиночных галактик	17	11	0	6
Оптических пар	59	41	10	8
Физических ($f_c<100$)	364	240	85	39
$\langle f \rangle \mp \sigma_{\langle f \rangle}$	14.7 ∓ 1.3	13.6 1.2	17.9 2.9	14.6 1.9
$\langle f_c \rangle \mp \sigma_{\langle f \rangle}$	10.8 ∓ 1.2	10.0 1.1	13.3 2.9	10.7 1.9

В табл. 1 представлены основные параметры рассматриваемой выборки двойных галактик. Пары со спиральными и эллиптическими компонентами указаны отдельно. Из этих данных следует, что полнота исследования каталога [2] составляет 73% без существенной избирательности пар по морфологическим типам компонентов. В двух последних строках табл. 1 содержатся средние значения отношения массы к светимости. В целом для выборки несмещенное среднее $\langle f_c \rangle = 10.8 \pm 1.2$ согласуется с оценками f по индивидуальным кривым вращения галактик. Сравнение $\langle f \rangle$ и $\langle f_c \rangle$ показывает, что неучет ошибок измерения скоростей завышает среднюю оценку массы примерно в полтора раза. Поэтому в более ранних определениях орбитальных масс, выполнявшихся разными авторами по измерениям лучевых скоростей с низкой точностью, истинные массы двойных галактик значительно переоценены.

Отметим, что пары галактик как с эллиптическими, так и со спиральными компонентами имеют в пределах ошибок одинаковое среднее отно-

шение орбитальной массы к светимости. Этот результат не противоречит немногочисленным данным о массах эллиптических галактик [1]. Учитывая трудности измерения массы отдельных эллиптических галактик по ширине их абсорбционных линий, оценку $\langle f_E \rangle = 10.7 \pm 2.2$ по орбитальным движениям следует рассматривать как более надежную.

Приведенные средние значения являются усеченными. Для исключения оптических пар мы использовали условие $f_c < 100$, т. е. пары галактик с бо́льшим отношением массы к светимости считались случайными или же неизолированными. Детальный анализ показывает, что, несмотря на формальность этого условия, оно достаточно эффективно выделяет физические пары галактик. Разграничение оптических и физических пар по разности лучевых скоростей, скажем, $|y| < 450$ км/с, как это принято Тэрнером [25], оказывается менее успешным.

5. *Взаимные скорости в парах.* Распределение двойных галактик по модулю разности лучевых скоростей отличается большой широтой, достигая 10 000 км/с за счет оптических пар. Для 364 физических пар распределение $N(|y|)$ представлено на рис. 1. Средний модуль разности лучевых скоростей составляет 124 км/с, поэтому ошибки измерения скоростей существенно искажают истинный вид распределения. Предположив, что разность скоростей и ошибка ее измерения — независимые случайные величины, мы редуцировали вид $N(y)$ за ошибки измерений. Решение по первым четырем моментам дает для истинного распределения разности лучевых скоростей галактик экспоненциальную зависимость

$$p\{y\} = a^{-1} \exp\{-y/a\}, \qquad (2)$$

где $a = \langle |y| \rangle = 105$ км/с.

Для остальных 59 оптических пар распределение разности лучевых скоростей приведено на рис. 2. Моделирование вида $N(y)$ для случайных парных комбинаций галактик с видимыми величинами $m_p \leqslant 15.7$ (фотометрический предел каталога [2]) позволяет количественно описать распределение на рис. 2 как результат эффекта проекции. Средняя разность лучевых скоростей при случайных сочетаниях галактик составляет $\langle |y| \rangle_{\text{опт.}} = 2500$ км/с в хорошем согласии с выборочным значением 2400 км/с для 59 пар.

Много важных сведений, способных пролить свет на происхождение и эволюцию двойных галактик, несут в себе распределения пар по массам, абсолютным величинам и линейным расстояниям компонентов. Однако все эти распределения засорены значительными эффектами селекции и не могут быть интерпретированы без учета селекции применявшегося нами критерия пары. Дальнейший анализ выборки двойных галактик мы предполагаем выполнить, привлекая результаты моделирования видимого распределения галактик, изложенные в [26].

6. *Заключение.* В заключение остановимся на следующем важном вопросе. Тэрнер [25] и Эйнасто и др. [27] высказывали утверждение, что вириальная масса двойных галактик линейно возрастает с увеличением расстояния между компонентами пары. Для объяснения этого выдвигалась гипотеза существования вокруг галактик массивных невидимых корон с размерами 0.1—1 Мпс.

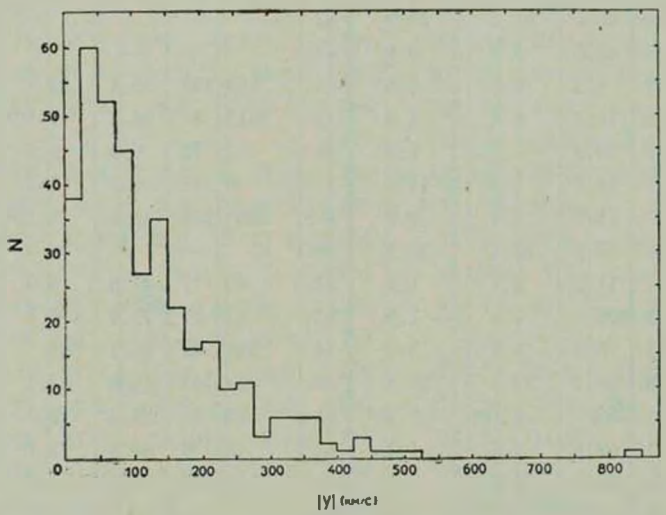

Рис. 1. Распределение 364 физических пар по разности лучевых скоростей компонентов.

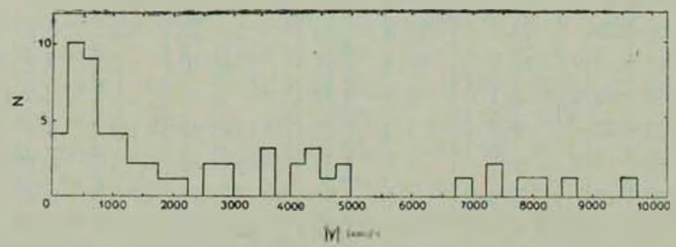

Рис. 2. Распределение 59 оптических пар по разности лучевых скоростей.

В нашей выборке содержатся 44 широкие пары с расстоянием между компонентами от 100 до 465 кпс. Среди них 14 пар являются оптическими, их отношения массы к светимости составляют $f_c = 2 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^5$. Остальные физические пары имеют $f_c \lesssim 50$, причем среднее значение для них $\langle f_c \rangle = 12.0 \pm 2.5$ не отличается в пределах ошибок от среднего для тесных пар. Примечательно согласие этой величины с оценками отношения массы к светимости для центральных частей галактик, находимыми по их вращению.

Приложение

№	$y \pm \varepsilon_y$ км/с		X кпс	f	f_c	№	$y \pm \varepsilon_y$ км/с		X кпс	f	f_c
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	— 224	25	9.3	18.8	18.6	40	— 10	19	17.8	0.3	— 0.6
2	—2883	90	45.4	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	41	— 257	39	11.7	17.2	16.8
3	— 176	36	42.0	21.2	20.3	42	—	—	—	—	—
4	12	16	48.5	0.2	— 0.1	43	—	—	—	—	—
5	221	49	9.3	6.8	6.5	44	154	134	55.4	33.7	8.2
6	— 113	78	13.4	8.4	4.4	45	7417	80	96.7	$9 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$
7	— 34	21	39.4	2.2	1.3	46	2	72	9.3	0.0	— 0.4
8	37	77	64.5	3.5	—11.6	47	— 76	49	9.2	1.4	0.8
9	20	37	15.3	0.4	— 0.9	48	3505	102	46.0	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$
10	— 104	23	21.5	32.1	30.5	50	—	—	—	—	—
11	— 41	141	11.2	0.1	— 1.1	52	90	71	41.3	6.0	2.3
12	31	42	206	1.8	— 1.5	53	37	77	72.9	0.7	— 2.2
13	— 178	42	6.6	4.2	3.9	54	856	42	98.2	351	350
14	— 111	38	50.2	32.1	28.3	59	— 123	142	55.8	60.5	—20.1
15	—1958	73	363	$9 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^4$	61	120	49	38.2	18.0	15.0
16	— 94	51	62.9	1.6	1.1	62	43	74	60.5	2.1	— 4.1
17	67	54	66.7	6.0	2.1	64	141	23	39.5	4.5	4.4
19	199	84	11.8	7.2	5.9	65	—	—	—	—	—
21	— 367	63	34.4	33.9	32.9	67	— 45	14	31.8	0.5	0.4
22	213	52	49.1	14.6	13.7	68	129	31	17.4	8.0	7.5
23	268	71	10.9	8.9	8.3	69	— 37	24	22.5	0.6	0.3
24	63	26	223	12.7	10.5	70	— 39	35	9.2	0.5	0.1
25	— 450	60	2.9	21.2	20.8	71	274	40	6.2	7.1	7.0
26	46	20	85.2	3.1	2.5	72	—	—	—	—	—
28	— 66	34	122	9.5	7.0	73	— 104	63	13.5	3.7	2.3
29	99	60	52.2	2.5	1.6	77	—8665	53	38.1	$6 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$
30	—2750	38	116	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	78	— 34	34	69.3	0.6	0.0
31	60	26	5.7	0.8	0.6	82	136	107	13.1	3.4	1.3
32	73	58	10.7	0.5	0.2	83	— 342	103	23.6	14.2	13.0
33	227	23	49.1	21.6	21.4	84	359	35	7.9	30.9	30.6
34	— 7	36	25.6	0.0	— 1.1	85	66	41	155	15.3	9.4
35	—7760	42	154	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	86	658	50	31.4	143	142
36	125	28	3.2	20.7	19.7	87	—	—	—	—	—
37	54	67	47.7	2.3	— 1.2	88	83	47	32.7	11.0	7.5
38	99	67	106	12.0	6.5	92	100	47	88.6	15.3	11.9
39	42	42	13.4	0.4	0.0	93	36	112	6.0	0.2	— 1.8

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
94	— 159	105	465	384	216	137	— 9	14	7.0	0.1	— 0.1
95	— 92	38	110	26.7	22.1	138	407	69	112	322	313
97	89	26	3.3	12.8	11.7	139	— 31	39	113	1.3	— 0.7
98	— 143	62	41.2	36.5	29.6	140	— 52	21	10.0	0.5	0.4
99	305	103	13.3	24.4	21.6	141	64	25	89.9	9.4	8.0
100	— 662	95	45.7	430	421	144	103	34	17.1	2.4	2.1
101	388	65	11.8	55.8	54.2	145	— 307	84	9.6	14.9	13.8
103	77	21	55.2	4.3	4.0	146	239	55	11.1	3.6	3.4
104	—	—	—	—	—	147	— 105	154	8.8	2.0	— 2.3
105	— 101	16	23.4	4.0	3.9	150	— 162	105	99.5	46.5	27.0
107	36	182	9.7	0.4	—10.5	152	1592	28	90.1	$1\cdot10^4$	$1\cdot10^4$
108	— 154	71	33.9	52.2	41.1	154	72	43	57.0	9.6	6.1
109	—	—	—	—	—	155	42	78	9.5	0.4	— 0.9
110	— 573	28	101	788	786	156	— 45	17	27.7	1.2	1.0
111	131	92	146	39.1	19.8	157	—	—	—	—	—
112	— 25	27	9.7	0.2	0.0	159	172	25	26.0	25.0	24.5
113	243	73	3.2	4.3	3.9	160	— 774	28	17.4	354	354
114	—6833	146	83.1	$3\cdot10^4$	$3\cdot10^4$	161	27	21	14.8	0.5	0.2
115	— 53	114	47.8	4.4	—16.1	162	79	82	158	11.2	— 0.9
116	54	34	30.3	3.5	2.1	163	— 51	62	26.5	1.1	— 0.5
117	46	73	68.4	2.5	— 3.8	164	2570	38	50.6	$8\cdot10^3$	$8\cdot10^3$
118	— 54	40	36.6	1.0	0.5	165	— 168	23	10.0	22.2	21.8
119	— 77	63	11.9	1.2	0.4	166	—2110	125	104	$6\cdot10^3$	$6\cdot10^3$
120	3692	52	76.9	$4\cdot10^4$	4.10^4	168	— 208	85	17.3	58.1	48.4
121	186	76	36.8	4.9	4.1	169	—	—	—	—	—
123	216	110	5.8	15.5	11.5	171	45	21	52.6	1.2	0.9
124	— 88	71	9.5	2.3	0.8	172	192	21	2.2	2.7	2.7
125	103	21	50.9	1.7	1.6	173	— 42	29	40.3	4.5	2.4
126	— 45	48	23.2	1.8	— 0.2	174	— 185	98	127	60.0	43.2
127	266	39	60.4	51.4	50.3	175	431	119	8.5	32.0	29.6
128	— 51	102	236	5.2	—15.8	176	—	—	—	—	—
129	186	60	15.2	34.6	31.0	177	— 19	23	9.0	0.4	— 0.2
130	3	17	14.1	0.0	— 0.1	178	61	39	53.1	11.4	6.8
131	— 505	47	12.0	49.8	49.3	179	— 88	20	49.0	9.6	9.1
132	158	42	179	41.0	38.1	181	139	134	6.4	8.2	0.6
133	55	53	2.3	8.7	0.6	183	4241	85	36.9	$2\cdot10^4$	$2\cdot10^4$
135	123	26	3.2	2.1	2.0	184	— 166	110	104	32.8	18.4
136	16	140	37.9	0.0	— 3.6	186	74	18	7.9	1.6	1.5

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
187	—	—	—	—	—	232	78	30	14.8	6.3	5.4
188	1030	20	36.4	$1 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^3$	233	— 324	30	19.6	21.3	21.1
190	— 289	90	65.7	83.4	75.3	234	204	19	10.5	38.3	38.0
192	25	60	37.7	0.3	—1.8	236	— 78	61	1.9	11.8	4.6
193	—1023	76	61.1	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	237	339	94	46.3	22.2	20.5
194	— 199	41	26.8	14.4	13.8	238	— 89	106	117	9.3	— 3.9
195	— 108	21	11.5	10.0	9.6	239	— 4	80	117	0.0	—10.6
196	—4025	34	124	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$	240	192	65	4.5	5.7	5.1
198	105	54	45.8	10.9	8.0	241	— 393	67	54.8	115	112
199	88	56	16.2	20.2	12.0	242	— 634	16	16.1	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$
200	— 348	43	41.4	170	168	243	101	16	37.6	6.7	6.5
202	— 690	65	16.2	147	146	245	381	140	86.6	70.8	61.2
203	— 148	85	19.5	12.3	8.2	246	29	43	83.3	1.6	— 1.9
204	— 50	16	7.6	0.4	0.4	248	274	31	20.5	41.6	41.1
205	— 24	32	35.8	0.5	— 0.4	249	— 55	17	8.8	1.0	0.9
206	— 98	34	16.8	5.4	4.8	252	— 51	16	10.6	0.4	0.3
207	1259	33	113	$4 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	254	— 117	87	47.8	8.5	3.8
208	28	18	28.7	0.9	0.5	255	33	73	5.7	8.3	—38.1
209	180	60	11.6	8.9	7.9	256	54	39	8.8	1.8	0.9
210	— 328	90	32.6	184	171	257	9	21	14.6	0.3	— 1.4
211	— 96	80	26.8	5.8	1.8	258	38	21	27.7	0.6	0.4
212	— 93	63	8.4	69.5	37.6	259	— 61	54	40.8	2.8	0.6
213	— 243	143	64.1	67.6	44.2	260	199	61	77.4	40.5	36.7
215	40	22	77.5	2.3	1.6	261	— 40	38	48.9	0.6	0.1
216	— 30	20	17.8	2.0	1.1	262	— 260	111	16.2	38.1	31.2
217	— 42	32	0.2	5.4	2.3	263	142	25	44.8	83.9	81.3
218	— 293	8	34.6	146	146	264	76	28	15.6	0.5	0.4
219	12	29	39.4	0.1	— 0.7	265	— 26	35	9.3	0.1	— 0.1
220	62	54	107	3.4	0.8	266	— 172	42	19.5	5.5	5.2
222	— 146	20	13.4	17.0	16.7	267	8049	61	43.1	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
223	— 167	47	4.7	3.4	3.1	268	— 229	79	11.2	20.1	17.7
225	212	28	66.5	47.4	46.6	269	— 82	22	30.7	6.4	5.9
226	— 207	62	81.8	45.2	41.1	271	24	76	16.3	0.2	— 1.7
227	149	71	17.7	51.7	40.0	272	130	49	83.5	8.2	7.0
228	— 114	44	32.1	15.5	13.2	273	— 329	71	8.0	20.4	19.4
229	122	72	165	30.5	19.9	274	— 36	128	6.3	0.1	— 0.9
230	— 166	48	18.1	16.6	15.2	275	— 14	29	37.5	0.2	— 0.8
231	— 327	70	68.4	127	121	278	— 277	61	22.7	40.3	38.3

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
280	88	34	37.1	12.2	10.4	326	56	14	14.9	1.7	1.6
281	— 95	26	129	5.4	5.0	327	— 82	56	14.3	2.7	1.4
282	—	—	—	—	—	329	94	45	57.3	12.4	9.6
283	— 32	20	3.2	1.5	0.9	330	35	23	1.1	2.8	1.6
284	67	61	77.9	2.9	0.5	332	— 1	20	9.5	0.0	— 0.5
286	— 126	148	55.0	7.6	— 2.9	333	81	77	19.0	20.5	2.0
288	— 40	31	4.7	0.1	0.0	334	— 220	68	24.3	37.1	33.6
289	— 29	18	50.8	0.4	0.3	335	132	71	9.3	1.8	1.3
290	14	32	49.4	0.6	— 2.5	336	— 951	113	18.5	$9\cdot10^3$	$9\cdot10^3$
291	— 166	93	112	74.6	51.2	337	— 188	72	23.5	160	136
292	11	24	26.0	0.0	— 0.2	338	—4972	46	35.6	$2\cdot10^4$	$2\cdot10^4$
293	213	21	34.6	32.6	32.3	339	228	40	43.6	52.1	50.5
294	29	134	3.4	0.5	—10.4	340	71	28	5.7	1.0	0.8
295	60	22	14.9	2.0	1.7	341	188	96	10.4	16.2	12.0
296	17	134	17.4	0.1	— 7.6	342	15	25	26.7	0.3	— 0.6
297	— 170	31	29.6	16.9	16.3	343	— 143	112	5.2	21.0	8.1
299	— 899	51	17.5	406	405	344	400	22	79.8	$2\cdot10^3$	$2\cdot10^3$
300	—1384	69	20.1	682	680	345	482	70	44.2	372	364
301	— 48	20	7.6	0.2	0.1	346	27	42	1.5	0.1	— 0.1
302	86	25	13.9	4.2	3.8	347	— 47	33	10.8	0.6	0.3
303	— 65	70	26.4	2.3	— 0.4	348	122	141	43.4	11.9	— 4.0
304	354	87	40.6	93.5	87.8	349	— 24	28	22.0	2.1	— 0.7
305	1050	85	13.0	367	365	350	— 24	8	80.8	1.6	1.4
306	— 177	57	68.8	33.9	30.4	351	129	42	16.2	106	94.8
307	26	38	6.4	0.2	— 0.2	352	— 149	88	27.7	45.8	28.0
309	108	42	20.5	40.2	34.1	353	212	50	12.7	9.7	9.2
310	— 51	47	1.4	1.4	0.2	354	— 45	59	11.3	0.9	— 0.6
311	— 146	48	4.9	8.1	7.2	355	41	31	14.9	0.6	0.2
312	156	82	118	58.1	42.0	356	515	80	47.3	381	372
313	48	34	10.9	6.8	3.4	357	7332	141	126	$7\cdot10^4$	$7\cdot10^4$
315	—4903	27	4.7	$1\cdot10^4$	$1\cdot10^4$	358	— 63	35	2.4	15.7	10.9
316	— 179	47	51.4	109	102	359	147	85	4.4	8.7	5.8
317	260	127	53.7	114	86.8	361	248	100	13.1	11.1	9.3
318	207	88	36.7	45.8	37.6	362	— 75	20	3.2	8.0	7.4
319	164	72	36.2	26.4	21.3	363	205	141	10.2	9.0	4.7
322	39	19	63.7	13.3	10.1	366	— 266	141	58.5	52.7	37.9
324	51	11	117	16.0	15.3	368	50	28	25.8	1.1	0.8
325	—	—	—	—	—	369	140	23	21.1	5.2	5.1

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
370	— 41	24	0.7	2.3	1.6	427	—1184	36	21.8	462	462
372	72	34	8.6	1.9	1.5	428	195	34	113	$1\cdot10^3$	$1\cdot10^3$
373	73	60	47.6	3.9	1.3	432	36	48	44.4	2.8	— 2.2
374	— 96	79	64.3	21.3	6.9	434	— 83	57	125	35.7	18.9
375	43	112	132	4.2	—24.3	435	— 361	71	7.5	15.0	14.4
378	66	23	59.0	4.9	4.3	437	136	40	12.2	4.6	4.2
379	— 93	17	10.9	1.7	1.6	438	— 79	26	20.4	47.6	42.4
381	— 161	28	16.3	7.6	7.4	439	— 146	45	29.4	14.7	13.3
383	— 43	39	12.0	0.4	0.1	440	7	97	26.5	0.1	—23.0
384	60	28	0.4	14.7	11.5	444	40	28	113	2.6	1.3
385	137	32	18.4	2.6	2.4	446	— 328	24	26.4	30.1	29.9
387	33	124	22.7	0.6	— 7.9	450	—	—	—	—	—
388	— 210	110	5.5	3.3	2.4	451	— 17	39	89.9	0.6	— 2.6
389	68	67	35.8	1.3	0.0	452	536	44	26.5	208	206
390	— 34	35	16.8	0.2	0.0	454	— 70	127	3.7	0.6	— 1.3
391	—4257	49	41.5	$2\cdot10^4$	$2\cdot10^4$	455	— 3	52	37.0	0.0	— 1.0
393	11	82	74.5	0.2	—11.5	456	9660	64	98.4	$8\cdot10^4$	$8\cdot10^4$
394	— 441	86	15.4	83.4	80.2	466	— 117	20	5.2	3.4	3.3
395	— 14	20	37.6	0.1	— 0.1	467	—	—	—	—	—
396	488	32	28.6	365	363	468	92	58	6.2	2.9	1.8
397	— 27	23	16.0	1.6	0.4	470	103	60	4.5	1.9	1.3
398	— 117	34	50.9	12.9	11.8	471	11	24	89.6	0.0	— 0.2
401	52	38	16.1	0.5	0.2	472	— 56	22	20.5	2.2	1.9
402	326	78	18.0	86.2	81.3	476	71	134	32.4	2.8	— 7.1
404	— 42	16	26.4	0.7	0.6	479	— 22	32	16.4	0.1	— 0.1
405	— 240	20	38.3	60.9	60.5	482	— 92	50	13.7	11.4	8.0
406	— 93	22	16.7	7.8	7.4	483	— 273	115	23.4	10.5	8.6
407	182	57	9.9	5.9	5.3	486	78	45	4.8	0.3	0.2
413	58	72	50.9	2.7	— 1.5	488	— 8	34	5.9	0.0	— 0.4
414	— 40	48	17.6	2.4	— 1.0	490	— 137	24	30.0	7.4	7.2
416	— 311	134	26.0	104	84.7	493	— 330	140	27.5	23.6	19.4
418	— 280	64	17.0	17.7	16.8	494	20	112	27.1	0.4	—11.3
419	— 172	42	27.7	76.1	71.6	500	—3644	30	342	$6\cdot10^4$	$6\cdot10^4$
420	— 136	49	5.8	2.6	2.3	501	589	64	38.3	182	180
422	— 134	86	7.5	5.6	3.3	504	— 84	42	17.7	5.2	3.9
423	— 68	20	53.5	2.5	2.3	505	—	—	—	—	—
424	— 6	16	12.4	0.0	— 0.1	506	143	79	3.6	46.1	32.1
426	— 156	25	26.9	10.0	9.7	507	— 251	64	32.2	30.2	28.2

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
508	68	46	109	10.0	5.4	561	— 63	67	1.8	3.3	— 0.4
510	479	72	40.2	56.6	55.3	563	—4471	36	77.3	$2\cdot10^4$	$2\cdot10^4$
511	— 439	48	14.6	49.6	49.0	564	5	30	18.5	0.0	— 0.2
515	— 420	109	47.4	276	257	566	226	43	15.9	31.0	29.9
516	128	42	20.0	3.3	2.9	567	94	62	8.0	0.9	0.5
517	— 416	131	9.5	17.1	15.4	570	70	38	30.9	5.7	4.0
518	103	25	17.1	6.9	6.5	571	125	102	80.6	12.2	4.1
521	230	153	42.4	77.0	43.0	573	59	36	67.7	2.4	1.5
523	116	42	53.7	6.8	5.9	575	— 137	58	26.4	5.8	4.8
524	196	28	15.9	26.0	25.5	578	24	32	33.9	0.4	— 0.4
525	— 107	60	68.4	36.6	25.1	579	— 152	67	39.1	10.6	8.5
526	88	71	27.7	5.1	1.8	580	311	48	27.6	41.7	40.7
527	90	28	52.1	13.4	12.1	581	83	30	63.4	3.7	3.2
529	4369	48	67.5	$1\cdot10^4$	$1\cdot10^4$	582	78	32	45.9	11.7	9.7
530	11	23	260	0.3	— 1.1	584	— 133	31	96.2	21.0	19.9
531	— 358	70	32.3	23.7	22.8	585	— 73	50	170	34.4	18.3
532	— 157	75	154	59.2	45.7	586	1548	23	49.6	$2\cdot10^3$	$2\cdot10^3$
534	— 221	43	18.7	9.5	9.1	587	47	67	21.6	1.8	— 1.9
535	— 146	67	5.4	3.4	2.7	588	833	108	8.6	48.5	47.7
536	— 219	46	7.1	15.4	14.7	589	32	20	168	17.1	10.4
538	— 29	36	37.0	0.2	— 0.1	590	— 73	119	16.6	5.8	— 9.6
539	83	68	17.8	4.0	1.3	591	— 203	65	40.6	15.3	13.7
540	87	15	23.4	5.6	5.4	592	60	91	96.5	2.6	— 3.4
548	351	125	28.7	55.2	48.2	593	12	58	42.2	0.2	— 5.2
549	— 270	114	41.5	33.3	27.4	595	310	74	15.3	27.8	26.2
551	8	39	22.9	0.0	— 0.9	597	— 548	39	127	502	500
552	— 128	52	38.8	9.2	7.7	598	104	26	5.4	20.0	18.8
554	152	55	57.7	14.1	12.3	599	2618	256	27.0	$3\cdot10^3$	$3\cdot10^3$
555	— 151	67	115	18.6	14.9	600	22	48	75.6	1.2	— 4.7
556	4658	60	291	$1\cdot10^5$	$1\cdot10^5$	601	— 141	58	87.1	28.8	23.9
559	— 173	26	44.9	12.0	11.7	602	183	81	16.8	11.2	9.0
560	— 127	22	3.4	1.2	1.2	603	— 57	19	20.3	0.8	0.6

Таким образом, результаты исследования двойных галактик приводят к заключению, что широкие окрестности галактик на масштабах в сотни килопарсек не содержат гипотетических невидимых масс, которые могли бы давать ощутимый вклад в среднюю плотность вещества во Вселенной.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

SURVEY OF MASS-TO-LUMINOSITY RATIOS FOR 440 BINARY GALAXIES

I. D. KARACHENTSEV

The survey of binary galaxies from Catalogue [2] contains radial velocity differences for pair components, their mutual linear separation and orbital mass-to-luminosity ratio. The radial velocity difference distribution may be presented by $\exp(-y/a)$ relation with $a = \langle |y| \rangle = 105$ km/s. The mean mass-to-luminosity ratio does not depend on a separation between components and consists of 10.8 ± 1.2. The wide volume around binary galaxies does not contain a noticeable mass excess over the scale of some hundreds of kpc.

ЛИТЕРАТУРА

1. *S. M. Faber, J. S. Gallagher*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 17, 1980 (in press).
2. *И. Д. Караченцев*, Каталог изолированных пар галактик северного неба. Сообщ. САО АН СССР, 7, 3, 1972.
3. *И. Д. Караченцев*, Ap. J. Supl. ser., 1980 (в печати).
4. *И. Д. Караченцев, В. Л. В. Сарджент, Б. Циммерман*, Астрофизика, 15, 25, 1979.
5. *E. L. Turner*, Ap. J., 208, 20, 1976.
6. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. G. Corwin*, Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Univ. of Texas, Press, 1976.
7. *I. D. Karachentsev, V. I. Pronik, K. K. Chuvaev*, Astron. Astrophys., 41, 375, 1975.
8. *I. D. Karachentsev, V. I. Pronik, K. K. Chuvaev*, Astron. Astrophys., 51, 185, 1976.
9. *T. S. Eastmond, G. O. Abell*, P. A. S. P., 90, 367, 1978.
10. *S. A. Gregory*, Ap. J., 199, 1, 1975.
11. *S. A. Gregory, L. A. Thompson*, Ap. J., 213, 345, 1977.
12. *D. H. Gudehus*, Ap. J., 208, 267, 1976.
13. *J. Huchra* (private communication).
14. *D. C. Jenner*, Ap. J., 191, 55, 1974.
15. *И. Д. Караченцев, В. И. Проник, К. К. Чуваев*, Астрофизика, 9, 495, 1973.

16. *C. J. Peterson*, P. A. S. P., 90, 10, 1978.
17. *A. R. Sandage*, A. J., 83, 904, 1978.
18. *W. G. Tifft, S. A. Gregory*, Ap. J., 205, 696, 1976.
19. *W. G. Tifft, M. Tarenght*, Ap. J., 199, 10, 1975.
20. *R. B. Tully* (private communication).
21. *G. de Vaucouleurs. A. de Vaucouleurs*, A. J., 81, 595, 1976.
22. *G. S. Shostak*, Astron. Astrophys., 68, 321, 1978.
23. *Э. Е. Хачикян*, Астрофизика, 9, 157, 1973.
24. *E. Holmberg*. Lund Ann., 6, 1937.
25. *E. L. Turner*, Ap. J., 208, 304, 1976.
26. *И. Д. Караченцев, А. Л. Щербановский*, Сообщ. САО АН СССР, 24, 5, 1978.
27. *J. Einasto, A. Kaasik, E. Saar*, Nature, 250, 309, 1974.