

УДК 524.77-325.4

СТРУКТУРА СКОПЛЕНИЙ С БИМОДАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ ГАЛАКТИК. I. A1035

© 2007 А. И. Копылов, Ф. Г. Копылова

Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 9 июля 2007 г.; принята в печать 19 июля 2007 г.

Для исследования структуры скопления галактик A1035 ($10^h 32^m + 40^0 13'$, $cz \sim 22000$ км с⁻¹), показывающего бимодальное распределение лучевых скоростей галактик ($\Delta V \approx 3000$ км с⁻¹), применены три способа определения относительных расстояний до скоплений по галактикам ранних типов: по соотношению Корменди, исправленному за зависимость остаточных отклонений от звездной величины галактики, по фотометрической плоскости и по фундаментальной плоскости. Используя данные, полученные на 1-м телескопе САО РАН, и данные каталога SDSS (DR5), мы нашли, что скопление A1035 состоит из двух независимых скоплений, не связанных гравитационно. Для этих скоплений, при дисперсии скоростей 566 км с⁻¹ и 610 км с⁻¹ и массах, в пределах R_{200} , $2.7 \cdot 10^{14}$ и $3.5 \cdot 10^{14} M_{\odot}$, выполняется закон Хаббла.

1. ВВЕДЕНИЕ

Различные методы определения масс скоплений галактик (по рентгеновскому излучению, по гравитационному линзированию галактик скоплением, по теореме вириала) дают хорошо согласующиеся между собой результаты для центральных областей регулярных скоплений. Как распределена масса на масштабах, превышающих размеры вириализованных областей скоплений (1–2 Мпк), известно гораздо хуже. В связи с этим представляет интерес изучение динамики взаимодействия соседних скоплений, а также субскоплений в пределах одного скопления. В наиболее богатых скоплениях дисперсия скоростей достигает 1000 – 1500 км с⁻¹ и нередко наблюдается сложная структура в распределении галактик — субскопления. Особый интерес представляют те случаи, когда распределение скоростей в скоплении имеет бимодальную форму. Разница средних лучевых скоростей 3000 – 3500 км с⁻¹ может быть связана либо с гравитационным взаимодействием предельно массивных скоплений при их столкновении на линии, близкой к направлению луча зрения (теоретические оценки предельных скоростей в Λ CDM-модели получены в работе [1]), либо с проекцией на луч зрения не связанных между собой скоплений.

Достаточно надежные прямые оценки расстояний субскоплений сделаны для двух скоплений с бимодальным распределением скоростей галактик: A3526 (Centaurus) [2] и A2626 [3]. В обоих случаях субскопления находятся на одинаковом расстоянии, и разность скоростей (1500 и 2600 км с⁻¹, соответственно) объясняется гравитационным взаи-

модействием субскоплений. В случае A2626 большая величина разности скоростей субскоплений по сравнению с внутренними движениями в субскоплениях может быть связана с большой массой (темного) вещества на периферии скоплений [3].

Мы отобрали 4 богатых скопления (A1035, A1569, A1775, A1831) с бимодальным распределением лучевых скоростей галактик ($\Delta V \sim 3000$ км с⁻¹) для определения прямым методом (то есть независимо от определения красных смещений) расстояний до субскоплений и выявления характера взаимодействия между ними. В данной работе определена структура (вдоль луча зрения) скопления A1035 с применением трех разных способов оценки относительных расстояний до скоплений галактик по галактикам ранних типов. Работа выполнена по наблюдательному материалу, полученному на 1-м телескопе САО РАН, а также по данным каталога SDSS (Sloan Digital Sky Survey).

Статья организована следующим образом. В первой части дано введение к работе. Во второй части описаны выборки галактик ранних типов. В третьей приведены особенности использования выборок для определения расстояний скоплений галактик и дан их анализ. В заключение перечислены полученные результаты исследования. В работе мы использовали следующие космологические параметры: $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_{\Lambda} = 0.7$, $H_0 = 70$ км с⁻¹ Мпк⁻¹.

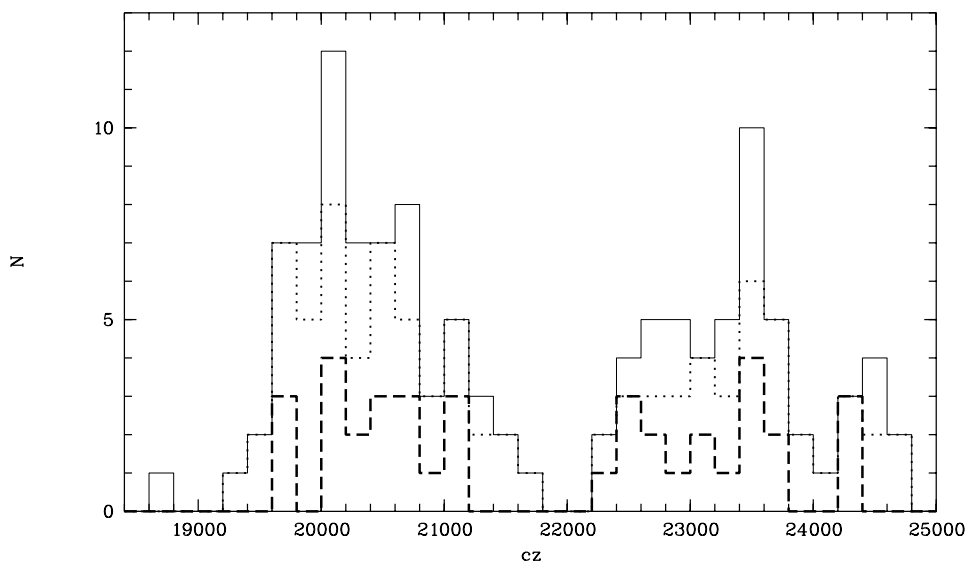


Рис. 1. Распределение галактик по лучевым скоростям в скоплении A1035: в области радиусом $30'$ (сплошная линия), в пределах радиуса R_{200} (пунктирная линия). Штриховая линия дает распределение галактик ранних типов в пределах R_{200} .

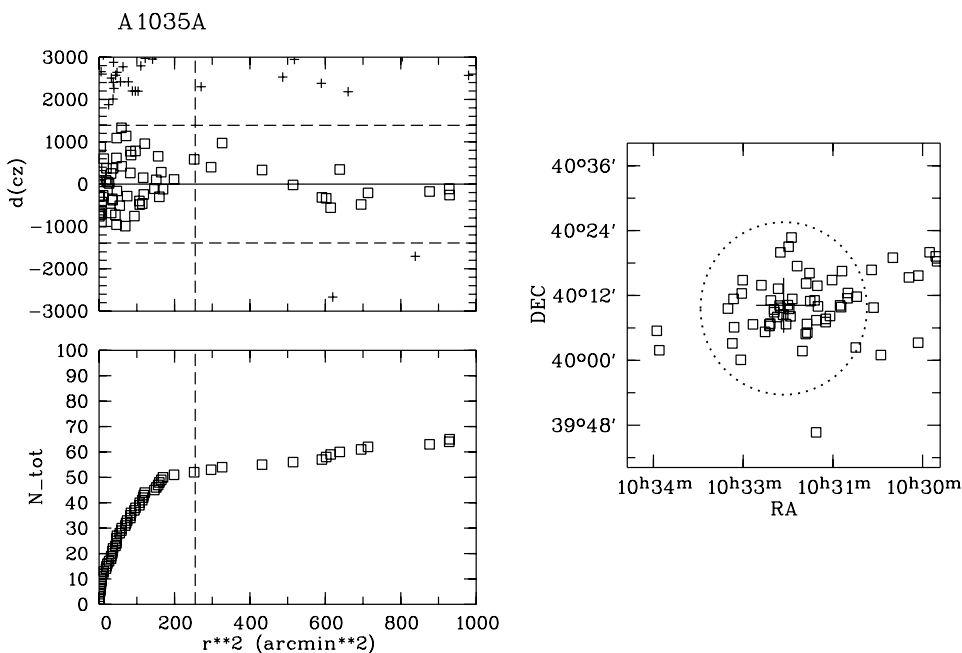


Рис. 2. Распределение галактик в A1035A. На верхнем левом рисунке показано отклонение лучевых скоростей галактик от среднего: штриховые линии соответствуют отклонению $\pm 2.5\sigma$, вертикальная штриховая линия соответствует радиусу R_{200} . Квадратами помечены галактики скопления, плюсами — фоновые. На нижнем левом рисунке показано интегральное распределение числа галактик в зависимости от квадрата углового расстояния от центра скопления. Обозначения те же. На правом рисунке дано распределение галактик скопления в картинной плоскости. Окружностью выделена область радиуса R_{200} в дуговых минутах. Крестом отмечен центр скопления.

2. ОПИСАНИЕ ДАННЫХ

В этом разделе мы описываем наблюдательные данные — параметры галактик ранних типов, которые использованы для определения относитель-

ных расстояний подсистем в скоплении A1035 [4]. Согласно каталогу Эйбелла, это скопление имеет $cz \approx 24000$ км/с, богатство 2 и тип Bautz-Morgan II–III. По данным каталога SDSS (DR5) нами

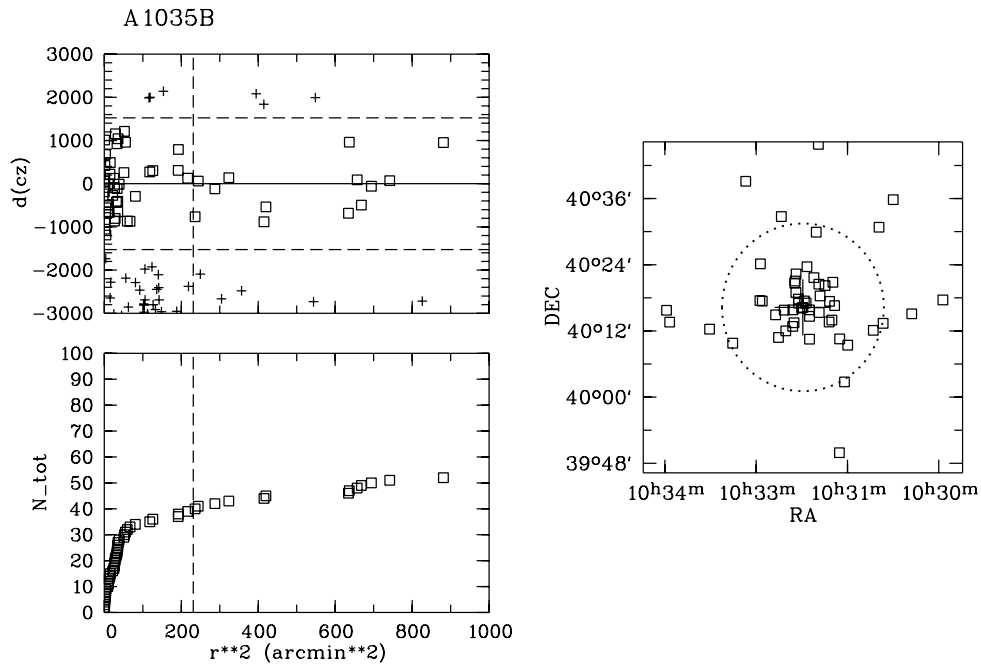


Рис. 3. То же, что и на рис. 2, для A1035B.

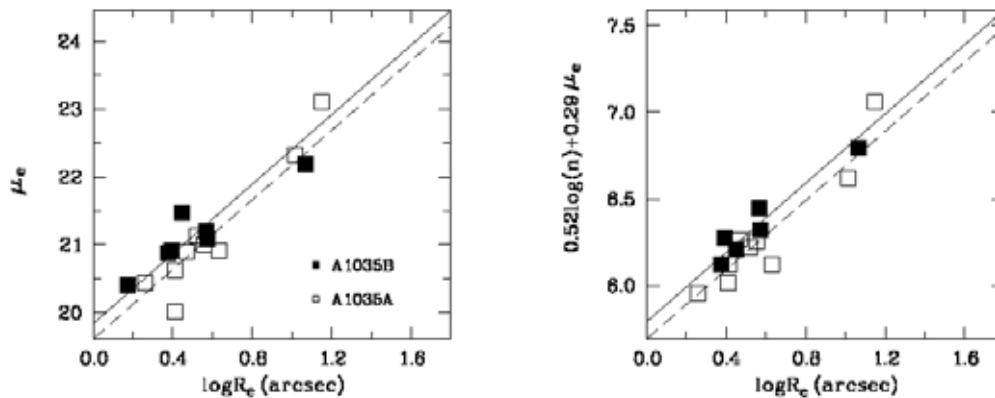


Рис. 4. Соотношение Корменди (левый рисунок) и фотометрическая плоскость (правый рисунок) галактик ранних типов в A1035A и A1035B, полученных на 1-м телескопе. Штриховая линия соответствует нуль-пункту скопления А, сплошная — нуль-пункту скопления В.

выделены две подсистемы в скоплении, A1035A и A1035B (распределение лучевых скоростей представлено на рис. 1). На рис. 2, 3 представлены основные определенные нами характеристики скоплений: отклонения лучевых скоростей галактик — членов скопления — от средней лучевой скорости скопления; интегральное распределение

членов скопления по расстояниям от его центра и их расположение в картинной плоскости. Центр скопления A1035B соответствует ярчайшей cD галактике и совпадает с пиком рентгеновского излучения. В A1035A центр выбран между двумя наиболее яркими галактиками.

Таблица 1. Параметры галактик ранних типов, полученные на 1-м телескопе

Скопл.	Гал.	α (J2000) δ	z_h	cz_h	m_R	R_e	μ_e	n
	№			км с ⁻¹	mag	"	mag/□"	
A1035A	1	10 32 23.47 +40 10 08.6	0.067020	20092	14.15	10.33	22.61	1.92 ± 0.46
A1035A	2	10 32 15.27 +40 10 12.5	0.067040	20098	14.30	14.06	23.38	4.95 ± 1.26
A1035A	3	10 32 28.89 +40 08 54.6	0.068691	20593	14.82	4.55	21.26	1.29 ± 0.19
A1035A	4	10 31 55.98 +40 06 43.7	0.068831	20635	14.99	3.09	20.45	2.52 ± 1.64
A1035A	5	10 32 05.95 +40 17 25.7	0.072430	21714	15.20	3.84	21.36	2.07 ± 0.24
A1035A	6	10 32 12.49 +40 08 08.4	0.065940	19768	15.55	3.60	21.48	1.52 ± 0.15
A1035A	7	10 32 19.90 +40 08 26.5	0.065582	19661	15.50	3.27	21.25	2.48 ± 0.54
A1035A	8	10 31 37.06 +40 07 39.6	0.071793	21523	15.70	2.94	21.14	1.88 ± 1.93
A1035A	9	10 31 22.79 +40 10 09.9	0.068496	20535	16.08	2.24	20.89	1.15 ± 0.11
A1035B	1	10 32 13.92 +40 16 16.4	0.077816	23329	13.77	11.64	22.51	4.91 ± 0.71
A1035B	2	10 31 57.03 +40 18 20.7	0.078951	23669	15.22	3.96	21.59	3.67 ± 0.43
A1035B	3	10 32 07.42 +40 10 30.3	0.076860	23042	15.42	4.06	21.54	2.48 ± 0.51
A1035B	4	10 32 10.77 +40 17 02.4	0.081590	24460	16.02	2.77	21.34	2.50 ± 1.51
A1035B	5	10 31 37.75 +40 10 32.6	0.077238	23155	16.17	2.72	21.49	1.34 ± 0.62
A1035B	6	10 32 07.52 +40 15 49.7	0.074700	22394	16.44	2.21	20.99	—
A1035B	7	10 32 18.29 +40 17 01.5	0.078633	23574	16.43	3.16	21.90	0.91 ± 0.45

Таблица 2. Параметры галактик ранних типов из каталога SDSS

Скопл.	α (J2000) δ	z_h	cz_h	σ	r	R_e	$fracDeV_r$	$r90/r50$	$eClass$
			км с ⁻¹	км с ⁻¹	mag	"			
A1035A	10 32 15.27 +40 10 12.5	0.067102	20117	208	15.18	4.24	1.000	3.49	-0.159
A1035A	10 32 28.89 +40 08 54.6	0.066943	20069	196	15.22	5.34	0.907	2.93	-0.142
A1035A	10 32 23.47 +40 10 08.6	0.066900	20056	220	15.26	4.47	1.000	3.38	-0.162
A1035A	10 31 55.98 +40 06 43.7	0.069003	20687	240	15.30	3.05	0.980	3.11	-0.143
A1035A	10 32 33.51 +40 06 41.6	0.069241	20758	199	15.52	3.65	1.000	3.28	-0.132
A1035A	10 32 12.49 +40 08 08.4	0.065940	19768	177	15.80	4.24	0.952	3.18	-0.137
A1035A	10 32 19.90 +40 08 26.5	0.065582	19661	208	15.85	2.80	1.000	3.17	-0.142
A1035A	10 33 00.49 +40 14 50.3	0.070582	21160	163	16.14	2.85	1.000	3.26	-0.122
A1035A	10 31 52.75 +40 10 56.7	0.068040	20398	190	16.18	2.78	0.918	2.90	-0.156
A1035A	10 32 24.94 +40 13 14.6	0.067106	20118	148	16.33	3.06	0.904	3.02	-0.140
A1035A	10 32 22.64 +40 19 58.5	0.070606	21167	129	16.36	2.82	1.000	2.62	-0.152
A1035A	10 31 22.79 +40 10 09.9	0.068496	20535	164	16.42	1.50	1.000	2.99	-0.136
A1035A	10 31 56.77 +40 14 12.7	0.067393	20204	124	16.46	2.74	0.859	2.88	-0.129

Таблица 2. Параметры галактик ранних типов из каталога SD (Продолжение)

Скопл.	α (J2000) δ	z_h	cz_h	σ	r	R_e	$fracDeV_r$	$r90/r50$	$eClass$
			км с ⁻¹	км с ⁻¹	mag	"			
A1035A	10 31 14.93 +40 12 26.9	0.070187	21042	125	16.54	2.15	1.000	3.12	-0.126
A1035A	10 32 17.02 +40 06 42.1	0.070001	20986	132	16.95	2.17	1.000	2.91	-0.128
A1035A	10 31 20.88 +40 16 30.6	0.068932	20665	115	16.96	1.73	0.906	2.73	-0.123
A1035A	10 31 45.59 +40 13 47.7	0.065967	19776	147	17.07	1.74	0.908	2.84	-0.150
A1035A	10 32 33.59 +40 06 21.4	0.068162	20434	114	17.10	2.72	0.831	2.83	-0.125
A1035A	10 31 06.04 +40 11 46.5	0.068363	20495	151	17.15	1.36	0.978	2.72	-0.132
A1035B	10 31 57.03 +40 18 20.7	0.079322	23780	218	15.56	4.25	1.000	3.31	-0.143
A1035B	10 31 04.63 +40 12 06.9	0.080857	24240	146	15.84	4.89	1.000	2.95	-0.140
A1035B	10 32 54.02 +40 17 24.3	0.075323	22581	219	16.31	1.85	1.000	3.34	-0.134
A1035B	10 32 10.77 +40 17 02.4	0.081375	24396	153	16.33	3.20	0.848	2.93	-0.128
A1035B	10 31 47.68 +40 17 21.7	0.075329	22583	170	16.36	3.17	1.000	2.94	-0.157
A1035B	10 31 48.12 +40 13 36.7	0.076802	23025	134	16.45	2.00	1.000	3.01	-0.138
A1035B	10 32 18.29 +40 17 01.5	0.078633	23574	121	16.71	3.36	0.997	2.64	-0.137
A1035B	10 32 07.52 +40 15 49.7	0.074700	22394	195	16.74	2.12	0.817	2.68	-0.136
A1035B	10 32 22.67 +40 13 28.5	0.078169	23434	159	16.92	1.39	1.000	2.98	-0.126
A1035B	10 33 23.12 +40 09 46.5	0.078639	23575	141	16.97	1.93	1.000	2.83	-0.112
A1035B	10 32 56.32 +40 17 29.7	0.075317	22579	153	17.02	1.21	1.000	3.04	-0.124
A1035B	10 31 52.13 +40 20 13.4	0.081302	24374	122	17.10	3.44	0.974	2.82	-0.106
A1035B	10 32 20.82 +40 18 58.5	0.076050	22799	122	17.17	2.00	0.831	2.67	-0.137
A1035B	10 31 58.21 +40 20 28.3	0.077899	23354	145	17.44	1.40	0.947	2.69	-0.136
A1035B	10 32 22.02 +40 20 40.8	0.077310	23177	114	17.45	1.41	0.964	2.66	-0.097
A1035B	10 32 38.02 +40 10 48.7	0.079071	23705	139	17.45	1.74	1.000	2.72	-0.099
A1035B	10 32 21.50 +40 21 02.7	0.078636	23574	102	17.47	1.52	1.000	2.93	-0.021
A1035B	10 32 23.81 +40 15 49.0	0.076353	22890	151	17.47	1.54	1.000	3.03	-0.111
A1035B	10 32 40.81 +40 14 55.0	0.075532	22644	117	17.69	1.28	0.909	2.77	-0.104

В табл. 3 представлены параметры скоплений, определенные нами для области, имеющей радиус R_{200} , по данным каталога SDSS. R_{200} — это радиус вириализованной области скопления, в которой плотность массы в 200 раз превышает критическую плотность Вселенной. В этом случае масса скопления определяется по R_{200} и по дисперсии скоростей σ . Среднюю лучевую скорость скопления cz и ее дисперсию σ мы определили итеративно: сначала использовали все галактики с измеренными скоростями ($N = 65$ в A1035A и

$N = 52$ в A1035B) в области исследования с радиусом $30'$, кроме отклоняющихся более, чем на 2.5σ . Затем, предположив, что скопления находятся в вириальном равновесии и массы растут линейно с радиусом, для полученной дисперсии скорости вычислили $R_{200} = \sqrt{3}\sigma(1+z)^{-3/2}/(10H_0)\text{Мпк}$ [5] и снова определили среднюю лучевую скорость скопления cz и ее дисперсию σ_{200} в пределах R_{200} . Вириальная масса в пределах этого радиуса равна $M_{vir,200} = 3G^{-1}R_{200}\sigma_{200}^2$. N_{200} — число галактик с измеренными скоростями в пределах R_{200} . Рент-

Таблица 3. Данные для скоплений

Скопл.	α (J2000) δ	z_h	cz_h	σ	R_{200}	N_{200}	M_{200}	L_x
			км с ⁻¹	км с ⁻¹	Мпк		$10^{14} M_\odot$	10^{43} эрг с ⁻¹
A1035A	10 32 13.95 +40 16 16.5	0.067992	20383	556 ± 77	1.24	52	2.68 ± 0.74	0.7
A1035B	10 32 19.36 +40 10 10.4	0.078216	23448	610 ± 98	1.35	39	3.52 ± 1.13	2.0

геновские светимости взяты из работы [6]. В этой же работе отмечено, что скопление A1035 состоит из двух субскоплений. На рис. 1 показано распределение лучевых скоростей галактик в системах в пределах выбранного радиуса.

2.1. Данные для галактик ранних типов, полученные на 1-м телескопе

Для достаточно далеких областей с $z = 0.05$ и больше для определения относительных расстояний скоплений галактик используются параметры галактик ранних типов (например, [7]; [8]). В данной работе применены три метода, основанные на характеристиках галактик ранних типов, для оценки пекулярных движений скоплений A1035A и A1035B: соотношение Корменди [9], фотометрическая плоскость (ФОП) [10] и фундаментальная плоскость (ФУП) [11]. Для решения поставленной задачи мы определили фотометрические параметры 16 галактик в исследуемых системах по прямым снимкам в фильтре R_c (система Крона-Казинса), полученным нами на 1-м телескопе САО РАН в 1998, 1999 и 2003 гг. Снимки получены при среднем качестве изображений $1.5''$, измеренном как FWHM профиля звезды. В 1998 и 1999 гг. использовалась ПЗС-матрица типа ISD015A формата (520×580) с размером элемента 18×24 мкм, что соответствует угловому размеру $0.28'' \times 0.37''$. В 2003 г. использовалась ПЗС-матрица формата 2048×2048 с угловым размером элемента $0.43''$. Время экспозиции составляло 500 или 600 секунд. Наблюдения стандартных звезд Ландолта [12] проводились несколько раз в течение каждой ночи, чтобы обеспечить фотометрическую привязку.

Наблюдательный материал обрабатывался с помощью пакета MIDAS (Munich Image Data Analysis System, [13]). Применена стандартная процедура обработки снимков: вычитание медианного темного кадра, деление на плоское поле и вычитание фона неба, аппроксимированного поверхностью 2-ой степени. На основе многоапертурной фотометрии определялась асимптотическая полная величина галактики. Затем по полной величине были найдены эффективный радиус R_e круга, в пределах которого светимость галактики

уменьшается вдвое, и эффективная поверхностная яркость μ_e на этом радиусе. Характеристика формы профиля поверхностной яркости n определялась путем подгонки профиля Серсика [14] $R^{1/n}$ (профиль де Вокулера [15] имеет $n = 4$) к наблюдаемому профилю в диапазоне от радиуса равного 3 FWHM до радиуса, на котором поверхностная яркость составляла $24^m - 25^m \text{ arcsec}^{-2}$. Полученные фотометрические параметры галактик (R_e , μ_e), кроме n , были скорректированы за качество изображения методом, описанным в работе Саглиа и др. [16]. Из сравнения независимых измерений для 15-ти дважды наблюдавшихся нами галактик мы определили, что средняя квадратичная ошибка измерений μ_e и $\log(R_e)$ составила $0.^m09$ и 0.02 соответственно. Таким образом, в нашей работе использованы модельно независимые параметры галактик (R_e , μ_e), оцененные по полной асимптотической величине, и модельно зависимая величина n . Для трех ярчайших галактик (очень большого размера) асимптотическую величину трудно определить, поэтому все параметры оценены подгонкой профиля Серсика к наблюдаемому профилю.

Результаты проведенных нами фотометрических измерений приводятся в табл. 1. В ней представлены (наблюдаемые характеристики галактик не исправлены за качество изображения): номер скопления по каталогу Эйбелла; номер галактики; экваториальные координаты галактик на эпоху J2000; гелиоцентрическое красное смещение и лучевая скорость (по данным NED); полная (асимптотическая) величина; эффективный радиус галактики в дуговых секундах; эффективная поверхностная яркость на эффективном радиусе; параметр формы профиля Серсика n с его ошибкой.

2.2. Данные для галактик ранних типов из каталога SDSS

Нами составлена выборка галактик ранних типов в скоплениях A1035A и A1035B по данным каталога SDSS DR5 [17] (фильтр r). Галактики отобраны по критериям, предложенным в работе Бернарди и др. [18] (до предела SDSS, равного $17^m.77$). Всего найдено по 19 галактик в пределах

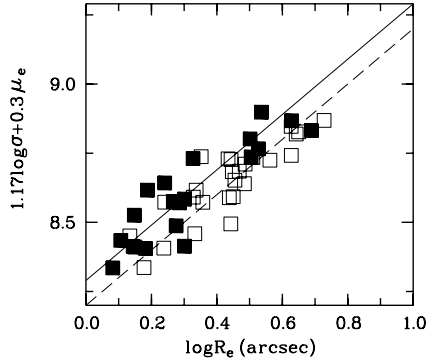


Рис. 5. Фундаментальная плоскость галактик типов в A1035A и A1035B (данные SDSS). Обозначены те же, что и на рис.4.

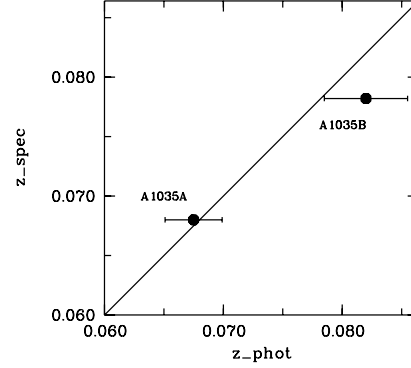


Рис. 6. Диаграмма Хаббла для скоплений A1035A и A1035B. Указанные ошибки соответствуют ошибке среднего расстояния до скопления.

вириализованной области каждого из скоплений. В табл. 2 даны следующие характеристики выборки галактик ранних типов, извлеченной нами из каталога: экваториальные координаты на эпоху J2000; гелиоцентрическое красное смещение и лучевая скорость, центральная дисперсия скоростей звезд σ , параметры профиля де Вокулера (полная величина и эффективный радиус), $fracDeV_r \geq 0.8$ — величина, характеризующая вклад балджа де Вокулера в профиль поверхностной яркости галактики, $r_{90}/r_{50} \geq 2.6$ — индекс концентрации, равный отношению радиусов, содержащих 90% и 50% потоков Петросяна, $eClass \leq 0$ — параметр, характеризующий спектр галактики: минус означает, что в спектре нет заметных эмиссионных линий.

3. АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ РАССТОЯНИЙ ПОДСИСТЕМ В A1035

В определении расстояний до скоплений галактик (методами, не зависящими от измерения лучевых скоростей) как правило сочетаются параметры галактик ранних типов, изменяющиеся (R_e) и не изменяющиеся (μ_e , σ) с расстоянием. В случае исследуемого нами скопления A1035 с бимодальным распределением лучевых скоростей можно предположить два варианта: субскопления A1035A и A1035B гравитационно связаны, находятся на одном расстоянии и составляют одно большое скопление, либо они не связаны гравитационно, для них выполняется закон Хаббла, связывающий лучевую скорость и расстояние, и эти субскопления являются независимыми скоплениями.

Определение расстояний до скоплений по соотношению Корменди [9], исправленному за зависимость остаточных отклонений от величины галактики, подробно описано в работе Копыловой и

Копылова [19]. Соотношение имеет вид: $\log R_e = 0.38\mu_e + \gamma$. На рис. 4 (слева) дано это соотношение для 9 наблюдаемых галактик в A1035A и 7 галактик — в A1035B. На рисунке приведены определенные нами величины: $\log R_e$ в дуговых секундах, исправленный за качество изображения, в поверхностные яркости введена космологическая поправка $10 \log(1+z)$. Нуль-пункт соотношения изменяется с расстоянием до галактики, при этом предполагается, что другие факторы (например металличность), мало на него влияют. Нами получены следующие значения нуль-пунктов после введения поправки за величину: $\gamma_A = -7.4717$ ($rms = 0.1641$), $N = 9$; $\gamma_B = -7.4633$ ($rms = 0.0474$), $N = 7$. Разность нуль-пунктов равна $\gamma_{AB} = -0.008 \pm 0.058$, без трех ярчайших галактик — $\gamma_{AB} = +0.058 \pm 0.038$. В том случае, если для подсистем выполняется закон Хаббла, то эта разница для соответствующей разницы лучевых скоростей должна быть равна 0.061.

Фотометрическая плоскость (ФОП) получается из фундаментальной плоскости (ФУП) галактик ранних типов, если спектрально измеряемый параметр — центральную дисперсию скоростей звезд в галактике — заменить на фотометрически измеряемый параметр профиля Серсика n . ФОП построена, например, в работе Грахама [10]. Для ее построения нами использованы фотометрические данные (R_e и μ_e) [20] для 12 галактик ранних типов, полученные на 6-м телескопе с экспозицией 200 секунд при изображениях $1''$. Параметр n определен по профилю поверхностной яркости.

ФОП относительно $\log R_e$ имеет вид: $\log R_e = 0.521(\pm 0.130) \log n + 0.291(\pm 0.026)\mu_e + \gamma$ и на рис.4 (справа) приведена для исследуемых галактик. Нами получены следующие значения нуль-пунктов для подсистем в A1035: $\gamma_A = -5.6905$ ($rms = 0.1190$), $N = 9$; $\gamma_B = -5.7878$

($rms=0.0710$), $N = 7$. Разность нуль-пунктов равна $\gamma_{AB} = +0.097 \pm 0.049$, без трех ярчайших галактик — $\gamma_{AB} = +0.129 \pm 0.048$.

Данные SDSS для большего числа галактик позволяют более точно оценить величины нуль-пунктов (расстояния скоплений) с помощью фундаментальной плоскости, поскольку статистическая точность зависит от числа галактик. Для построения ФУП средняя эффективная поверхностная яркость вычислялась по формуле: $\langle \mu_e \rangle = r + 2.5 \log(2\pi R_e^2) - 10 \log(1+z)$. Центральная дисперсия скоростей σ приведена к стандартной круглой апертуре, равной $1/8R_e$ согласно [18]. На рис. 5 приведена ФУП отобранных 38 галактик с коэффициентами (прямая регрессия относительно $\log R_e$) из работы Бернарди и др. [21], где она имеет вид: $\log R_e = 1.17 \log \sigma + 0.30 \langle \mu_e \rangle + \gamma$. Нами получены следующие значения нуль-пунктов для подсистем в A1035: $\gamma_A = -8.2044$ ($rms = 0.0683$), $N = 19$; $\gamma_B = -8.2868$ ($rms = 0.0844$), $N = 19$. Разность нуль-пунктов равна $\gamma_{AB} = +0.082 \pm 0.025$. В итоге, в среднем обе регрессии (прямая и ортогональная) дают $\gamma_{AB} = +0.076 \pm 0.026$, то есть на уровне почти 3σ оба скопления не находятся на одном расстоянии. Таким образом, все способы измерения расстояний показывают, что подсистемы в скоплении A1035 не выделились из общего Хаббловского потока и являются независимыми скоплениями. Нами получены также пекулярные скорости A1035A и A1035B в той же системе координат, что и в работе Копыловой и Копылова [22], относительно общих нуль-пунктов, равных -8.093 и -8.807 . У ближнего скопления A1035A пекулярная скорость равна $+148 \pm 730$ км с $^{-1}$, у дальнего A1035B — -1112 ± 1050 км с $^{-1}$. На рис.6 приведена диаграмма Хаббла (для описанного выше наиболее точного способа) для исследуемых скоплений. Фотометрическое красное смещение z_{phot} (0.067532 у A1035A и 0.081966 у A1035B), соответствующее определенному нами расстоянию до скоплений, вычислено по разнице величин общего нуль-пункта и нуль-пункта каждой системы.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами получены фотометрические параметры (m_R , μ_e , $\log(R_e)$, n) 16-ти галактик ранних типов в полосе R_c для скопления A1035 с бимодальным распределением лучевых скоростей (состоящего из двух субскоплений A1035A и A1035B) на 1-м телескопе САО РАН. По этим данным построены соотношение Корменди и фотометрическая плоскость галактик ранних типов в фильтре R_c . По данным каталога SDSS (DR5) определены основные параметры этих скоплений и построена фундаментальная плоскость галактик ранних типов

в фильтре r . Расстояния до скоплений, измеренные описанными способами, позволили нам более точно оценить динамическое состояние A1035 и определить пекулярные скорости его подсистем. Основной вывод состоит в следующем: скопление A1035 состоит из двух независимых систем, находящихся на своих Хаббловских расстояниях. Массы центральных вириализованных областей при разнице лучевых скоростей ~ 3000 км с $^{-1}$ недостаточно, чтобы скопления были гравитационно связаны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Российскому Фонду Фундаментальных Исследований за частичную поддержку этой работы (грант 07-02-01417а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Hayashi, S. D. M. White, Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **370**, L38 (2006).
2. J. R. Lucey, M. J. Currie, R. J. Dickens, Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **221**, 453 (1986).
3. J. J. Mohr, G. Wagner, Astronom. J. **114**, 25 (1997).
4. G. O. Abell, H. G. Corwin, Jr., R. P. Olowin Astrophys. J. Suppl. **70**, 1 (1989).
5. M.R. Carlberg, H.K.C. Yee, E. Ellingson et al., Astrophys. J. Suppl. **485**, L13 (1997).
6. K. Rines, A. Diaferio, Astronom. J. **132**, 1275 (2006).
7. M. Colless, R. P. Saglia, D. Burstein et al., Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **321**, 277 (2001).
8. M. J. Hudson, R. J. Smith, J. R. Lucey, E. Branchini, Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **352**, 61 (2004).
9. J. Kormendy, Astronom. and Astrophys. **218**, 333 (1977).
10. A. W. Graham, Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **334**, 859 (2002).
11. S. Djorgovski, M. Davis, Astrophys. J. **313**, 59 (1987).
12. A. U. Landolt, Astronom. J. **104**, 340 (1994).
13. P. Grosbol. in *Reviews in modern astronomy*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1989, Ed.: Q. Klark, **2**, 242 (2001).
14. J. L. Sérsic, Bol. Asoc. Argent. Astron., **6**, 41 (1963).
15. G. de Vaucouleurs, Ann. d'Astrophys. **11**, 247 (1948).
16. R. P. Saglia, E. Bertschinger, G. Baggley et al., Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **264**, 961 (1993).
17. J. K. Adelman-McCarthy et al., Astrophys. J. Suppl., submitted (2007).
18. M. Bernardi, R. K. Sheth, J. Annis et al., Astronom. J. **125**, 1849 (2003a).
19. F. G. Kopylova, A. I. Kopylov, Astron. Lett. **27**, 345 (2001).

20. A. I. Kopylov, F. G. Kopylova, *Astronom. and Astrophys.* **382**, 389 (2002).
21. M. Bernardi, R. K. Sheth, J. Annis et al., *Astronom. J.* **125**, 1866 (2003b).
22. F. G. Kopylova, A. I. Kopylov, *Astron. Lett.* **33**, 211 (2007).

THE STRUCTURE OF CLUSTERS WITH BIMODAL DISTRIBUTIONS OF GALAXY RADIAL VELOCITIES. I. A1035

A. I. Kopylov, F. G. Kopylova

The structure of the A1035 cluster of galaxies ($10^h 32^m + 40^0 13'$, $cz \sim 22000 \text{ km s}^{-1}$), which exhibits a bimodal distribution of galaxy radial velocities ($\Delta V \approx 3000 \text{ km s}^{-1}$), is analyzed using three methods of determining the relative distances to clusters from early-type galaxies: the Kormendy relation corrected for the dependence of residuals on galaxy magnitude, the photometric plane, and the fundamental plane. We use the data obtained with the 1-m telescope of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences and SDSS (DR5) data to show that A1035 consists of two gravitationally unbound independent clusters. These clusters with the velocity dispersions of 566 km s^{-1} and 610 km s^{-1} and masses within R_{200} equal to $2.7 \cdot 10^{14}$ and $3.5 \cdot 10^{14} M_{\odot}$, respectively, obey the Hubble law.