АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 17 НОЯБРЬ, 1981 ВЫПУСК 4

УДК 524.7

ОДНОРОДНАЯ ВЫБОРКА ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК. IV. ОРИЕНТАЦИЯ, МОМЕНТЫ ВРАЩЕНИЯ, ПЕКУЛЯРНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

И. Д. КАРАЧЕНЦЕВ

Поступила 6 ноября 1980
Принята к печати 17 февраля 1981

Рассмотрены характеристики двойных галактик, входящих в состав близких групп и скоплений. Отношение их орбитальной массы к светимости, $\langle f_c \rangle = 4.0 \mp 2.7$, соответствует нормальным оценкам f по вращению галактик. Обнаружено, что пары в системах имеют меньшие пекулярные скорости, чем одиночные члены систем, и располагаются преимущественно на периферии групп и скоплений. Эти особенности можно объяснить влиянием на пары внешних приливных сил. По максимальным наблюдаемым расстояниям между компонентами пар определены в рамках приливной гипотезы полные массы групп и скоплений, они согласуются с вириальными массами. Для 239 изолированных пар со спиральными компонентами построено распределение по орбитальному моменту вращения. Сделан вывод, что основной момент вращения у многих двойных галактик заключен не во внутренних, а в орбитальных движениях. Направление вращения у членов пар, определенное по спектрограммам, не обнаруживает эффекта «компенсации спинов». Распределение двойных галактик по видимым сжатиям и по позиционным углам больших полуосей также указывает на отсутствие предпочтительной ориентации моментов вращения. Отмечено, что наблюдаемая хаотичность в ориентации спинов двойных галактик может быть связана с образованием пар из кратных систем путем динамической диссипации. Данные о величине и ориентации моментов сопоставлены с выводами гипотезы Уайта о быстром слиянии двойных галактик под действием взаимного динамического трения.

1. *Введение.* Данная статья продолжает рассмотрение особенностей 440 двойных систем галактик с измеренными взаимными скоростями [1] из «Каталога изолированных пар галактик северного неба» [2]. В предыдущих статьях этого цикла [3—5] были получены распределения пар по основным наблюдаемым характеристикам, вычислена функция орбиталь-

ных масс, сделан вывод о преобладании круговых движений у двойных галактик.

Ряд признаков, отличающих двойные галактики от одиночных и членов систем, позволяет высказать определенные предположения об условиях образования пар в начальную эпоху. К ним можно отнести особенности пространственной ориентации компонентов пар, величину и направленность вращательного момента галактик, наличие (или отсутствие) у центров пар больших собственных движений относительно системы координат, связанной с реликтовым излучением.

Численные эксперименты на ЭВМ показали [3], что около трети двойных галактик не являются в действительности изолированными системами. Такие необособленные «пары», состоящие из членов групп и скоплений галактик, приводят к ложным, избыточным оценкам среднего отношения орбитальной массы к светимости, f, для двойных галактик. Исключение ложных пар условием $f < 100 f_\odot$ (обоснованным в [3]), дает для двойных галактик величину $\langle f \rangle \simeq 10 f_\odot$, согласующуюся с определением массы по внутренним движениям в галактиках.

Наряду с кажущимися в проекции парами, в группах и скоплениях существуют изолированные пары, чья динамическая автономность внутри системы не вызывает сомнений. Примером является известная взаимодействующая пара M 51 в близкой группе галактик Вокулера. Сравнение двойных галактик, входящих в группы и скопления, с изолированными парами поля может дать важные сведения об условиях образования галактик.

2. *Пары в группах и скоплениях.* Рассматривая двойные галактики как структурные элементы систем более высокой кратности, мы ограничились самыми близкими группами из списка Вокулера [6] и наиболее изученными скоплениями Virgo и Coma. Это позволяет свести к минимуму ошибки из-за неуверенно определяемой принадлежности пары к группе или скоплению. Сводка 25 таких пар приведена в табл. 1. В ее столбцах содержатся следующие данные: 1 — принадлежность пары к группе Вокулера (G) или скоплению; 2 — номер пары по каталогу [2]; 3 — средняя лучевая скорость пары в км/с; 4 — модуль разности лучевых скоростей компонентов пары в км/с; 5 — проекция расстояния между компонентами пары в кпс при $H = 75$ км/с Мпс; 6 — суммарная светимость членов пары в единицах $10^{10} L_\odot$; 7 — отношение орбитальной массы к светимости в солнечных единицах с поправкой за ошибки измерения скоростей; 8 — пекулярная скорость центроида пары относительно центра системы в единицах средней квадратичной скорости членов системы по лучу зрения; 9 — расстояние пары от центра системы в долях радиуса системы в проекции на картинную плоскость.

Таблица 1

Система	CPG	V_0	y	X	L	f_c	$\Delta V/3_v$	$R_{ps}/\langle R \rangle$
G 2	133	+253	55	2.3	0.06	0.6	0.35	2.45
G 5	379	612	93	10.9	4.3	1.6	1.14	1.10
G 5	384	348	60	0.4	0.01	11.5	1.33	0.44
G 7	40	585	10	17.8	0.55	— 0.6	0.95	6.35
G 10	294	758	29	3.4	0.44	—10.4	0.28	1.19
G 10	341	723	188	10.4	1.8	12.0	0.19	0.75
G 10	349	680	24	22.0	0.48	— 0.7	0.77	2.27
G 10	350	650	24	80.8	2.3	1.4	1.18	1.06
G 11	236	738	78	1.9	0.03	4.6	0.08	3.01
G 11	255	940	33	5.7	0.06	—38.1	1.50	1.99
среднее $n=10$	—	—	$\langle 59 \rangle$	$\langle 15.5 \rangle$	$\langle 1.0 \rangle$	$\langle -1.8 \rangle$	$\langle 0.92^2 \rangle^{1/2}$	$\langle 2.06 \rangle$
Virgo	322	1170	39	63.7	0.60	10.1	0.23	3.65
Virgo	330	352	35	1.1	0.04	1.6	0.88	0.71
Virgo	332	1050	1	9.5	0.66	— 0.5	0.08	0.81
Virgo	333	1740	81	19.0	0.48	2.0	1.01	0.52
Virgo	334	809	220	24.3	2.5	33.6	0.26	1.77
Virgo	336	1206	19	18.5	0.14	— 9.6	0.28	1.26
Virgo	343	1588	143	5.2	0.49	8.1	0.81	3.16
Virgo	346	1412	27	1.5	1.2	— 0.1	0.56	2.23
Virgo	347	2144	47	10.8	3.1	0.3	1.56	0.81
Virgo	353	1276	212	12.7	4.6	9.2	0.38	1.26
Virgo	358	778	63	2.4	0.05	10.9	0.30	3.87
среднее $n=11$	—	$\langle 1231 \rangle$	$\langle 81 \rangle$	$\langle 15.4 \rangle$	$\langle 1.2 \rangle$	$\langle 5.9 \rangle$	$\langle 0.72^2 \rangle^{1/2}$	$\langle 1.82 \rangle$
Coma	355	6610	41	14.9	3.6	0.2	0.31	3.73
Coma	361	6371	248	13.1	5.7	9.3	0.57	0.64
Coma	363	7130	205	10.2	3.8	4.7	0.25	1.27
Coma	366	6403	266	58.5	6.2	37.9	0.54	2.64
среднее $n=4$	—	$\langle 6628 \rangle$	$\langle 190 \rangle$	$\langle 24.2 \rangle$	$\langle 4.8 \rangle$	$\langle 13.0 \rangle$	$\langle 0.44^2 \rangle^{1/2}$	$\langle 2.07 \rangle$
среднее $n=25$	—	—	$\langle 90 \rangle$ ± 16	$\langle 16.8 \rangle$ ± 4.0	$\langle 1.7 \rangle$ ± 0.4	$\langle 4.0 \rangle$ ± 2.7	$\langle 0.77^2 \rangle^{1/2}$ ± 0.12	$\langle 1.96 \rangle$ ± 0.37
среднее $n=361$	—	—	$\langle 122 \rangle$ ± 5	$\langle 38 \rangle$ ± 2	$\langle 4.5 \rangle$ ± 0.2	$\langle 10.3 \rangle$ ± 1.0	—	—

В двух последних строках таблицы приведены средние характеристики 25 пар в системах и средние по всей совокупности из 361 пары галактик с указанием ошибок среднего. В обеих выборках ложные пары (с $f > 100$) были исключены. Сопоставление двойных галактик в группах и скоплениях с общей выборкой изученных пар позволяет сделать следующие заключения.

Средняя лучевая скорость пар относительно центров соответствующих групп Вокулера составляет $(+7 \mp 35)$ км/с, что свидетельствует о действительной принадлежности этих пар группам галактик. Аналогичный тест подтверждает и членство пар в скоплениях Virgo и Coma.

Взаимные скорости компонентов пар в системах не превышают в среднем скоростей галактик в парах из общего метагалактического поля.

Расстояния между компонентами пар в группах и скоплениях в два раза меньше, чем у остальных пар. Это обусловлено, по-видимому, тем, что двойные галактики в системах имеют повышенный фон ближайших соседей, и принятому в каталоге [2] критерию изолированности удовлетворяют только тесные (контактные) пары. Другой причиной малых расстояний в парах может быть разрушение широких пар внешними приливными силами.

Светимости двойных галактик в группах и скоплении Virgo в 3—4 раза ниже средней. Этому обстоятельству трудно дать объяснение. Возможно, здесь играет роль некоторая избирательность, связанная с отбором наиболее близких групп (их расстояния по Вокулеру не превышают 10 Мпс).

Среднее отношение орбитальной массы к светимости у двойных галактик в системах, $\langle f_c \rangle = 4.0 \mp 2.7$, соответствует оценкам f по кривым вращения. Этот важный результат показывает, что избыток вириальной массы в группах и скоплениях не проявляется на масштабах $\lesssim 20$ кпс или не ассоциируется с отдельными членами систем. Такую ситуацию следует ожидать, если избыток вириальной массы в скоплениях обусловлен вкладом нейтрино с ненулевой массой покоя [7], т. к. гравитационный потенциал пары галактик не способен удержать заметные массы нейтрино.

Данные двух последних столбцов табл. 1 показывают, что пары движутся относительно центра системы с меньшими пекулярными скоростями, чем одиночные члены систем. При этом пары располагаются преимущественно на периферии групп и скоплений (среднее расстояние пар от центра составляет два радиуса системы). Эта закономерность, очевидно, не объясняется эффектом релаксации, т. к. при установлении равнораспределения энергии между одиночными и двойными членами групп и скоплений пары чаще встречались бы в центральных частях системы. Вероятной причиной преобладания двойных галактик на окраинах систем может быть приливное разрушение широких пар, двигавшихся по орбитам с большим

эксцентрисистетом (сохранились пары, обходившие плотную центральную часть системы по круговым орбитам). Косвенным аргументом в пользу этого является также наблюдаемое уменьшение относительного числа двойных галактик в системе с увеличением ее богатства или средней плотности.

Используя предположение о роли приливных сил в разрушении широких пар галактик, оценим полную массу системы. $\mathfrak{M}_s$. Согласно Ходжу и Миши [8], имеем неравенство

$$\mathfrak{M}_s \lesssim (1/4)\cdot(R_{ps}/R_p)^3\,\mathfrak{M}_p, \qquad (1)$$

где R_p — максимальное наблюдаемое расстояние между компонентами пары, $\mathfrak{M}_p$ — масса пары, а R_{ps} — расстояние пары от центра группы или скопления. Значения R_p мы определили из данных табл. 1 с поправкой за эффект проекции: $R_p = \frac{4}{\pi} X$. Из-за малой статистики пять групп Вокулера были объединены в одну синтетическую группу. Использованные в расчете величины и оценки отношения массы системы к ее полной светимости, f_s, указаны в табл. 2. Как видим, значение f_s возрастает при переходе от групп ($f_s \lesssim 70$) к скоплениям Virgo ($f_s \lesssim 130$) и Coma ($f_s \lesssim 1480$), что согласуется с оценками f из теоремы о вириале. Это согласие можно рассматривать как подтверждение роли приливных сил, влияющих на структуру и кинематику двойных галактик в группах и скоплениях.

Таблица 2

Параметр	Группы	Virgo	Coma
$\langle R_{ps} \rangle$, Мпс	0.83	1.48	3.66
R_p, Кпс	103	81	74
$\langle \mathfrak{M}_p \rangle$, $\mathfrak{M}_\odot$	$5.1\cdot10^{10}$	$6.2\ 10^{10}$	$2.4\cdot10^{11}$
$\mathfrak{M}_s/\langle \mathfrak{M}_p \rangle$	$1.3\cdot10^{2}$	$1.5\cdot10^{3}$	$3.0\cdot10^{4}$
L_s, $L_\odot$	$9.1\cdot10^{10}$	$7.2\cdot10^{11}$	$4.9\cdot10^{12}$
f_s, $f_\odot$	$\lesssim 70$	$\lesssim 130$	$\lesssim 1480$

3. Пекулярные движения центров пар. Вопрос о величине хаотических движений центров пар относительно сопутствующей системы координат, V_{pec}, практически не исследован. Вместе с тем, наблюдательная оценка V_{pec} могла бы способствовать выяснению физических условий, при которых формировались двойные галактики. Актуальность этой задачи неоднократно подчеркивалась А. Д. Чернины (частное сообщение). К сожа-

лению, большинство близких пар галактик входят в группы и скопления, поэтому их пекулярные скорости обусловлены гравитационным потенциалом соответствующих систем.

По шести парам, расположенным в метагалактическом поле, с лучевыми скоростями $V_0 < 1000$ км/с мы получили значение $V_{рес} \lesssim 400$ км/с. Эту величину следует рассматривать как предварительную. Для ее уточнения необходимы измерения расстояний до объектов прямыми методами, скажем, по угловым размерам H II-областей.

4. *Величина и ориентация моментов вращения.* В предыдущих работах [4, 5] двумя способами был получен вывод о том, что орбитальные движения галактик в парах близки к круговым. Из этого следует наличие у двойных галактик значительного орбитального момента вращения. Происхождение орбитального момента в парах представляет собой важную проблему, которая освещалась пока лишь в теоретическом плане.

Необходимо отметить, что средний тип движений в парах мог изменяться в течение их совместной динамической эволюции. Выполненное Тернером и др. [9] численное моделирование процесса скучивания галактик в ранние эпохи показало, что образующиеся пары имеют вытянутые орбиты с типичными эксцентриситетами $e \simeq 0.7 \div 0.9$.

Другим механизмом, определяющим свойства двойных галактик, может быть распад кратных систем галактик, в частности, триплетов. Аносова [10], а позднее Нэш и Монеген [11], моделируя распад тройных систем, показали, что легче всего покидают систему карликовые члены с массой порядка 0.10 от полной массы триплета. Распределение пар, оставшихся после ухода третьего компонента, по эксцентриситету орбит имеет максимум на $e = 1$. Дальнейшая судьба галактик сильно зависит от эксцентриситета орбиты. Из расчетов Уайта [12] следует, что пары галактик, сближающиеся на расстояние контакта своими периферийными областями, быстро (за 2—4 оборота) сливаются в единую систему под влиянием динамического трения. Поэтому наиболее устойчивыми оказываются пары с круговым движением компонентов. Этот эффект «эволюционной селекции», вероятно, и обусловливает круговый характер движений в парах, наблюдаемый в настоящую эпоху.

Рассмотрим наблюдательные данные о моментах вращения двойных галактик. Для пары материальных точек с массами $\mathfrak{M}_1$ и $\mathfrak{M}_2$, двигающихся по строго круговым орбитам, имеем следующее выражение для модуля полного момента орбитального вращения:

$$K_{12} = \gamma^{1/2} \cdot \mathfrak{M}_1 \cdot \mathfrak{M}_2 (\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)^{-1/2} \cdot R_{12}^{1/2}, \qquad (2)$$

где R_{12} — пространственное расстояние между центрами галактик, а γ — постоянная тяготения. Полагая, что масса галактики пропорциональна ее

светимости $\mathfrak{M} = fL$, а $f = 10 f_{\odot}$, мы вычислили орбитальные моменты K_{12} для галактик из каталога [2]. Распределение 239 пар, состоящих из спиральных галактик, представлено на рис. 1 в логарифмической шкале. Пары с $f > 100$ были исключены. В качестве единицы измерения K_{12} мы использовали момент вращения нашей Галактики, приняв $R_{\Gamma} = 15$ кпс и $\mathfrak{M}_{\Gamma} = 1.5 \cdot 10^{11}\ \mathfrak{M}_{\odot}$, что соответствует ее удельному моменту вращения $k_{\Gamma} = 38 \cdot 10^{28}$ см^2 с$^{-1}$. Как видно из рис. 1, распределение пар по орбитальному моменту имеет довольно большую дисперсию. Только малая часть ее обусловлена фактором проекции. Среднее значение для выборки составляет $\langle \lg K_{12} \rangle = +0.72 \mp 0.07$ со стандартом $\sigma(\lg K_{12}) = 1.12$. Около половины всех пар имеют моменты вращения на порядок превосходящий вращательный момент нашей Галактики, а у отдельных сверхмассивных пар это отношение достигает нескольких сотен! Эта особенность двойных галактик, насколько нам известно, никем еще не отмечалась.

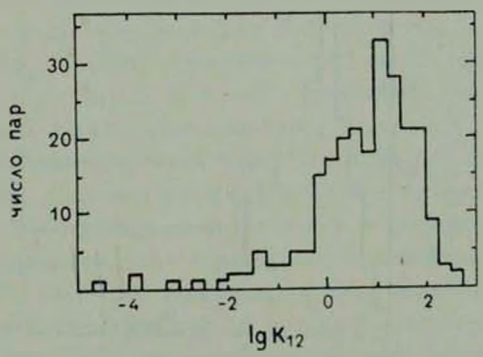

Рис. 1. Распределение 239 пар, состоящих из спиральных галактик, по величине полного момента орбитального вращения в единицах момента нашей Галактики.

Представляет важный интерес соотношение орбитального и внутренних моментов вращения у двойных галактик. Основываясь на данных о кривых вращения спиральных галактик, Засов и Озерной [13] показали, что полный момент вращения (спин) галактики выражается простым соотношением

$$K = \frac{2}{5} \mathfrak{M} (\gamma\, \mathfrak{M} R)^{1/2}, \qquad (3)$$

где R — большая полуось галактики, а $\mathfrak{M}$ — ее масса. Разумеется, существуют неопределенности в том, какая доля массы галактики участвует во вращении и как измерять эффективную величину R. Для определения K у

компонентов пар мы использовали угловые диаметры галактик из каталога [2] и условие $\mathfrak{M} = fL$ при $f = 10 f_{\odot}$.

Введем понятие отношения орбитального момента пары к сумме спинов ее компонентов,

$$\mu = \frac{|K_{12}|}{|K_1| + |K_2|}, \qquad (4)$$

являющееся важной характеристикой двойной системы. Распределение 239 пар с обоими спиральными компонентами по безразмерной величине μ приведено на рис. 2. Оно имеет максимум на $\mu \simeq 1$ со средним $\langle \mu \rangle = 1.31 \mp 0.05$ и стандартным отклонением $\sigma_{\mu} = 0.70$. Учитывая, что в пары входят также эллиптические галактики и что у спиральных галактик имеется слабо вращающаяся сферическая составляющая, мы приходим к выводу, что основной вращательный момент у многих двойных галактик заключен не во внутренних, а в орбитальных движениях.

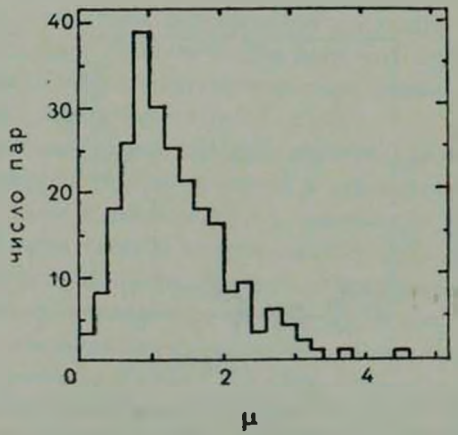

Рис. 2. Распределение 239 пар спиральных галактик по отношению орбитального момента вращения к сумме моментов вращения компонентов.

До сих пор мы интересовались абсолютными значениями моментов. Рассмотрим теперь вопрос об их ориентации.

В. А. Амбарцумян [14] высказал предположение, что в изолированных парах спины компонентов должны быть ориентированы антипараллельно. Основанием для этого послужило представление об образовании двойной галактики из единого компактного объекта с сохранением вращательного момента. Проверка принципа «компенсации спинов» по направлению закручивания спиральных рукавов не обнаружила значительного избытка в числе изолированных пар с противоположным закручиванием спирального узора компонентов [15].

А. Д. Чернин [16] отмечал возможность появления предпочтительной ориентации спинов у двойных галактик еще на ранней стадии формирования этих систем в результате взаимодействия протогалактических вихрей.

На третью причину возможной ориентации моментов в изолированных парах указал в недавней работе Уайт [12]. Моделируя картину слияния двух галактик с учетом их угловых моментов, Уайт обнаружил зависимость темпа этого процесса от того, как ориентированы моменты галактик. Наиболее быстро протекает слияние у галактик, чьи спины параллельны вектору орбитального вращения. Когда вращение у каждого компонента противоположно орбитальному вращению, процесс слияния галактик происходит более медленно. В результате появляется видимый дефицит числа двойных галактик, у которых все три вектора моментов ориентированы одинаковым образом.

Для проверки предсказываемых эффектов ориентации были использованы спектрограммы двойных галактик, полученные автором на 6-метровом телескопе САО. Мы отобрали случаи, удовлетворяющие таким условиям: компоненты пары обнаруживают заметный наклон плоскости галактики к лучу зрения; разность позиционных углов больших осей у компонентов невелика, $|\omega_1 - \omega_2| \lesssim 30°$; обе галактики имеют эмиссионные спектры; пару можно считать изолированной системой ($f < 100$); наконец, щель спектрографа ориентирована вдоль большой оси каждого компонента, причем известна привязка края щели на изображении галактики. Измерение наклона эмиссионных линий позволяло определить, в какую сторону направлено вращение одного и другого компонента пары.

Из 19 случаев с наиболее отчетливыми признаками вращения у 10 пар вращение компонентов наблюдается в противоположные стороны, а у 9— в одном направлении. Следовательно, спектральные данные, так же, как и отмеченные выше морфологические, не дают никаких указаний на существование предпочтительной ориентации спинов в изолированных парах галактик. Заметим, что пары с противоположным и с параллельным направлением вращения галактик имеют в среднем одинаковые взаимные расстояния компонентов, орбитальные массы и относительные моменты [1].

В дополнение к этому мы рассмотрели еще случаи, когда щель спектрографа проходила через оба компонента пары и наклон эмиссионных линий из-за вращения был хорошо выражен у каждой галактики. Здесь можно было определить не только направление спинов, но и направление орбитального вращения. Условное расположение векторов вращения и соответствующий ему сдвиг и наклон линий на спектрограмме изображен на рис. 3. Пунктиром обозначена щель, проходящая через центры галактик, наклонными черточками — положение спектральной линии. Малый и большой векторы отмечают, соответственно, направление вращения у малого и

большого (более массивного) компонентов, а сдвоенный вектор — направление орбитального движения. При хаотической ориентации моментов все комбинации A, B, C, D должны быть равновероятными. Наблюдаемое число случаев и средние характеристики пар указаны в табл. 3. Здесь X обозначает проекцию расстояния между компонентами в Кпс, f_c — отношение орбитальной массы к светимости, а μ — относительный момент пары. Малая статистика не позволяет утверждать, что существуют какие-либо различия между парами с той или иной ориентацией моментов вращения. Не наблюдается также дефицита пар с параллельными моментами (случай A), как это предсказывают численные эксперименты Уайта [12]. Очевидно, что для подтверждения этих предварительных данных необходимы дополнительные наблюдения тесных пар спиральных галактик.

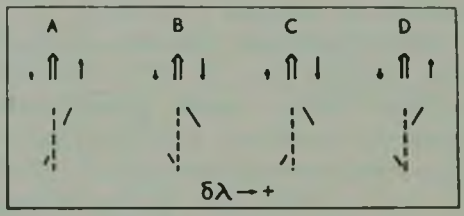

Рис. 3. Четыре типа взаимной ориентации моментов в парах. Сдвоенный вектор показывает направление орбитального вращения, малый и большой векторы — ориентацию спинов малого и большого компонента пары. Внизу пунктиром обозначена щель спектрографа, проходящая через центры галактик, наклонными черточками условно изображен наклон и сдвиг спектральных линий. Стрелкой указано направление возрастания длин волн.

Таблица 3

Параметр	A	B	C	D
n	4	2	6	4
$\langle X \rangle$, Кпс	34 ∓ 8	$10 \mp (1)$	19 ∓ 4	15 ∓ 4
$\langle f_c \rangle$, $f_\odot$	6.5 ∓ 2.9	$11 \mp (11)$	1.2 ∓ 0.7	6.8 ∓ 3.5
$\langle \mu \rangle$	1.0 ∓ 0.2	$1.0 \mp (0.4)$	0.9 ∓ 0.1	1.0 ∓ 0.3

5. *Ориентация плоскостей у двойных галактик.* Существование эффекта «спиновой сопряженности» должно было бы проявляться в коррелированности видимых сжатий у членов двойных галактик и в неслучайной взаимной ориентации больших осей компонентов пар. Проверка этих предположений была выполнена Караченцевым и Фесенко [15]. Предпочтительной ориентации плоскостей у ~ 300 двойных галактик обнаружено не было.

Аналогичные исследования предпринимались позднее Нордлинджером [17] и Шарпом и др. [18] на меньших выборках (94 и 57 пар, соответственно). Результаты получились также отрицательными. Авторы этих работ пришли к выводу, что гипотеза образования углового момента у двойных галактик под действием взаимных приливных сил не согласуется с наблюдательными данными.

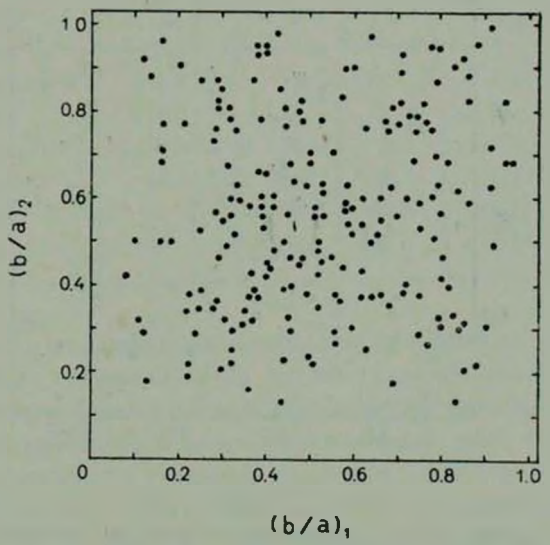

Рис. 4. Распределение 205 пар спиральных галактик по видимым сжатиям галактик. Горизонтальная ось соответствует главному компоненту, а вертикальная—спутнику.

Исключая влияние ложных пар и ограничиваясь спиральными галактиками, мы рассмотрели распределение SS-пар с оценками $f < 100$ по видимым сжатиям и позиционным углам компонентов. На рис. 4 приведено двумерное распределение 205 пар по видимым сжатиям галактик b/a. Индексом «1» обозначен более яркий компонент пары. Как видно из этих данных, зависимость между сжатиями у членов SS-пар практически отсутствует. Это означает, что оказываются некоррелированными не только углы наклона компонентов, но и их истинные (пространственные) сжатия или структурные подтипы Sa, Sb, Sc. Последний вывод целесообразно проверить измерением показателей цвета у большой выборки двойных спиральных галактик.

Рис. 5 представляет распределение 133 спиральных пар по позиционным углам большого (ω_1) и малого (ω_2) компонентов, измеряемым от положения прямой (Ω), которая проходит через центры галактик. Это распределение, как и предыдущее (рис. 4), также не обнаруживает заметных

признаков упорядоченной ориентации больших осей двойных галактик. Данный результат подтверждает сделанное выше заключение об отсутствии пространственной корреляции между направлениями моментов вращения в изолированных парах галактик.

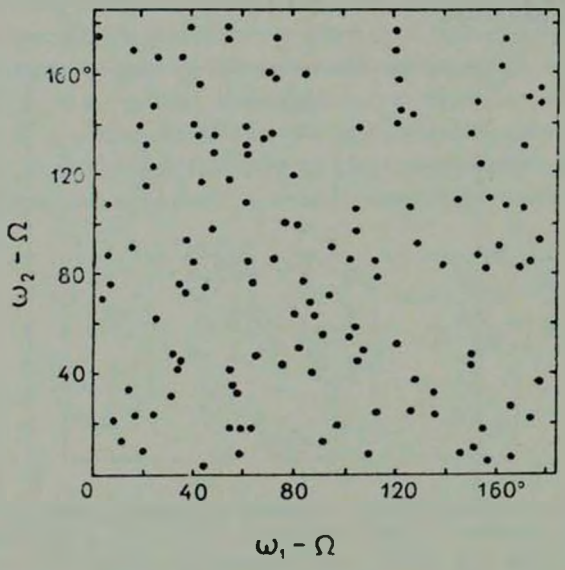

Рис. 5. Распределение 133 пар спиральных галактик по позиционным углам большого (ω_1) и малого (ω_2) компонентов, измеряемым от прямой, проходящей через центры галактик.

6. *Заключение.* Наблюдаемая хаотичная ориентация моментов вращения у двойных галактик может быть обусловлена тем, что в раннюю эпоху многие пары входили в состав систем более высокой кратности [17]. Под действием иррегулярных сил карликовые члены покидали систему, унося часть углового момента и разрушая первичную упорядоченность моментов. Такое предположение качественно объясняет также и наблюдаемую высокую светимость двойных галактик [3].

По абсолютной величине удельного момента вращения пары выделяются среди других систем галактик. Это иллюстрируют данные табл. 4. В ней приведены оценки удельного момента, k_s, для различных систем галактик. Аналогично (3), величина k_s оценивалась из выражения

$$k_s = \frac{2}{5}(\gamma f L_s R_s)^{1/2} \qquad (5)$$

при $f = 10$. Использованные значения суммарной светимости L_s и размера R_s системы указаны в таблице. Удельный момент вращения средней га-

лактики принят за единицу. Известно, что в группах и скоплениях заметных признаков вращения не наблюдается. Поэтому оценки k_s из (5) были редуцированы на фактор $\varepsilon \sim n_v^{-1/2}$, где n_v — число галактик с измеренными скоростями, по которым проверяется вращение системы.

Таблица 4

Система	L_s, $10^{10} L_\odot$	R_s, кпс	k_s	ε	(k_s) reduc
Галактики	1.0	15	1	1	1
Пары	4.5	38	3.4	1	3.4
Триплеты	4.6	50	3.9	$\lesssim 1/3$	$\lesssim 1.3$
Группы	10.5	310	14.7	$\lesssim 1/5$	$\lesssim 2.9$
Virgo	72	810	62.7	$\lesssim 1/10$	$\lesssim 6.2$
Coma	490	1770	240	$\lesssim 1/10$	$\lesssim 24$

Как следует из данных последнего столбца, пары галактик имеют наибольший момент вращения среди систем галактик малой кратности. Это обстоятельство, на первый взгляд, противоречит предположению о диссипации в начальные эпохи и превращении кратных систем галактик в пары. Однако, сопоставляя их удельные моменты, необходимо учитывать, что многие пары с малым орбитальным моментом (большим эксцентриситетом орбиты) вероятно испытали слияние из-за эффектов динамического трения. Принципиальная трудность гипотезы быстрого слияния пар состоит в другом. Мы отмечали в предыдущей статье [5] известный факт, что относительное число одиночных галактик невелико, оно не превышает 3—5%. Эффект слияния двойных галактик должен приводить к необратимому накоплению числа одиночных галактик. Если бы, скажем, $1/2 \div 2/3$ первичных пар испытали слияние, то при нынешнем их относительном числе $\sim 8\%$ обилие одиночных галактик составляло бы $8 \div 15\%$, что в $2 \div 5$ раз выше их наблюдаемого числа в единице объема.

Для проверки различных гипотез образования двойных галактик нужны дальнейшие детальные исследования. Из наиболее актуальных задач отметим определение индивидуальных масс компонентов по внутренним движениям, уточнение структурных типов, измерение показателей цвета. Важной наблюдательной проблемой является установление физических различий между изолированными и двойными галактиками.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

HOMOGENEOUS SAMPLE OF BINARY GALAXIES. IV. ORIENTATION, ANGULAR MOMENTUM, PECULIAR MOTIONS

I. D. KARACHENTSEV

Some characteristics of binary galaxies in the near groups and clusters are considered. Their orbital mass-to-liminosity ratio, $\langle f_c \rangle = 4.0 \mp 2.7$ corresponds to the normal value f, obtained from rotation of galaxies. It is found that the pairs in systems have smaller peculiar velocities than single members of the systems and are situated mainly at the periphery of groups and clusters. It can be explained by an effect of external tides on the pairs. Within the framework of the tidal hypothesis the total masses of groups and clusters are determined using the maximum observed distance between the components of pairs; they are in agreement with virial masses. For 239 isolated pairs with the spiral components a distribution according to the angular momentum is obtained. A conclusion is drawn that the main angular momentum of binary galaxies is not in the internal, but in the orbital motions. For components of the pairs the directions of their rotation visible on spectrograms is not indicative of "spin compensation" effect. The distribution of binary galaxies according to apparent flatness and to positional angles of their major axes also shows the absence of preferable orientation of angular momentum. It is pointed out that the observed chaotic state in spin orientation of binary galaxies can be due to the origin of pairs from multiple systems by way of dynamic dissipation. The data on values and mutual orientation of angular momentum are compared with White's suggestion about rapid merging of binary galaxies under the dynamic friction effect.

ЛИТЕРАТУРА

1. *И. Д. Караченцев*, Астрофизика, 16, 217, 1980.
2. *И. Д. Караченцев*, Каталог изолированных пар галактик Северного неба, Сообщ. Специальной астрофизич. обс., 7, 3, 1972.
3. *И. Д. Караченцев*, Астрофизика, 17, 249, 1981.
4. *И. Д. Караченцев*, Астрофизика, 17, 429, 1981.
5. *И. Д. Караченцев*, Астрофизика, 17, 677, 1981.
6. *G. de Vaucouleurs*, in "Galaxies and the Universe", University of Chicago Press v. IX, 1975, p. 557.
7. *А. Г. Дорошкевич, Я. Б. Зельдович, Р. А. Сюняев, М. Ю. Хлопов*, Письма АЖ, 6, 465, 1980.
8. *P. W. Hodge, R. W. Michie*, A. J., 74, 587, 1969.

9. *E. L. Turner, S. J. Aarseth, J. R. Gott, R. D. Mathieu*, Ap. J., 228, 684, 1979.
11. *P. E. Nash, J. J. Monaghan*, M. N. RAS, 184, 119, 1978.
12. *S. D. White*, M. N. RAS, 189, 831, 1979.
13. *А. В. Засов, Л. М. Озерной*, Астрон. цирк., № 405, 1, 1967.
14. *В. А. Амбарцумян*, Изв. АН Арм. ССР, физ.-мат. сер., 11, 9, 1958.
15. *И. Д. Караченцев, Б. И. Фесенко*, Астрон. ж., 52, 659, 1975.
16. *A. D. Chernin*, in "The Large Scale Structure of the Universe", eds. M. S. Longair and J. Einasto, 1978, p. 439.
17. *P. D. Noerdlinger*, Ap. J., 229, 877, 1979.
18. *N. A. Sharp, D. N. Lin, S. D. White*, M. N. RAS, 187, 287, 1979.