

ДВОЙНЫЕ ГАЛАКТИКИ И ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

М.Б. Шакенов, Л.М. Чечин*

ЖетГУ им.И.Жансугурова, г. Талдыкорган,

**Астрофизический институт им. В.Г.Фесенкова, г. Алматы*

С помощью статистического критерия определяются физические, вероятно физические, вероятно оптические и оптические пары каталога двойных галактик. Обсуждаются вопросы о наличии темной материи в двойных галактиках и эффект проекций при наблюдении двойных галактик.

1 Введение

Обнаружение темной энергии дало новое объяснение ускоренному расширению Вселенной и помогло решить парадокс Сендиджа. С обнаружением космического вакуума доминирующую роль в развитии Вселенной получила темная энергия, которая способна создать анти-гравитацию [1, 2], а темная материя переместилась на вторую позицию. Это антитяготение «перевешивает» тяготение на расстояниях, больших 1.3—1.5 Мпк [3-4]. А в системах двойных галактик, где расстояние между компонентами меньше 1 Мпк, основную роль играет темная материя.

Еще в 70-х годах прошлого века было известно, что проблема существования темной материи в самых простых системах малых групп - двойных галактиках - вызывает особый интерес и является предметом интенсивных наблюдательных и теоретических исследований, так как около 12% всех галактик входят в состав двойных [5]. Кроме того, эволюция галактик в тесных парах происходит более интенсивно, чем у одиночных галактик. В эволюции галактик вследствие взаимной близости большую роль играют приливные силы, динамическое трение. Они ускоряют звездообразование в тесных парах. Как и у звезд, случайные образования двойных галактик очень редки. Поэтому есть основание полагать, что образование двойных галактик происходило совместно, и их дальнейшая эволюция продолжалась параллельными путями.

Возможно, двойные галактики оказывают заметное влияние на ход развития более крупных систем - скоплений и сверхскоплений галактик в целом [6-8].

Массы членов групп, а также многих двойных галактик, вычисленные по вириальной теореме, на порядок превосходят массу, измеренную по кривым вращения. По этой причине оценка массы кратных групп галактик является одной из основных задач внегалактической астрономии, так как наличие или отсутствие скрытой массы в кратных системах галактик напрямую зависит от точности определения полной массы системы.

Если задача об определении скоростей и расстояний до близких звезд решена, то для далеких галактик она остается до сих пор достаточно сложной и не имеет решений. В связи с этим одним из эффективных методов оценки (а не определения) массы систем кратных галактик является изучение каталогов кратных галактик.

2 Каталог двойных галактик и статистический критерий

В работе [10] рассматривались эффекты динамического трения в тесных парах галактик. По данным численного моделирования двойные галактики, которые сближаются на расстояние соприкосновения своими внешними областями, должны сливаться в единую систему за время порядка нескольких орбитальных периодов. С учетом динамического трения судьба двойных галактик сильно зависит от эксцентриситета.

Торможение и слияние двойных галактик приводит к своеобразному эффекту «эволюционной избирательности», который, возможно, и обуславливает наблюдаемый круговой характер движения в парах [6]. Так как галактики с сильно вытянутыми орбитами сливаются, остаются только пары, которые имеют круговые орбиты. Тогда трудно объяснить

относительное обилие во Вселенной двойных галактик и низкую плотность одиночных галактик.

Первые статистические исследования двойных галактик выполнил шведский астроном Е.Холмберг [11], который первым составил каталог из 533 двойных. В настоящее время наиболее полным, однородным и детально изученным среди существующих каталогов двойных галактик является каталог И.Д.Караченцева, который содержит 603 пары объектов, из них 18 пар оказались одиночными [6]; значительно меньше (156) пар содержит каталог двойных галактик Э.Тернера [12].

При составлении каталогов не определяется степень физической связанности систем, даются только наблюдательные данные о взаимных угловых расстояниях, лучевых скоростях компонентов и другие характеристики галактик. Какие системы являются связанными, а какие случайно близко расположенными на картинной плоскости, определяется с помощью других специальных критериев, которые основаны на вероятностном подходе. Одним из таких критериев является обобщенный статистический критерий [13].

Применяемые до сих пор критерии определения физически связанных систем среди кратных галактик обычно требуют выполнения следующих условий:

- 1) изолированность данной системы от галактик фона;
- 2) близость лучевых скоростей ее компонентов, т.е. разность лучевых скоростей $|\Delta V|$

должна быть меньше некоторой критической величины ΔV_∞ .

Статистический критерий является универсальным для определения физических членов кратных систем галактик и основан на вычислении вероятности попадания каждого компонента в область системы. Для двойных галактик данный критерий определяет вероятность попадания в область K только рассматриваемых двух галактик и довольно далекого расположения от них третьей, «значимой» по массе, галактики (Рис.1).

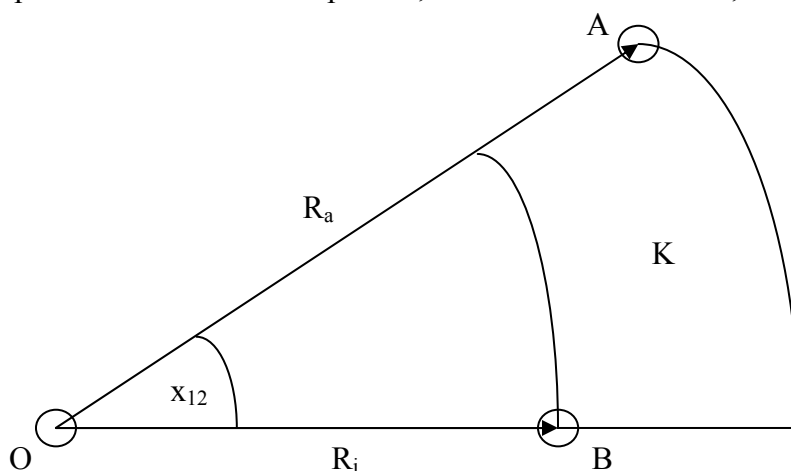


Рис.1. Пространство двойной галактики (K): $OA = R_a$ - расстояние до далекой компоненты, $OB = R_i$ - расстояние до близкой компоненты, x_{12} - угловое расстояние между компонентами пары

Вероятность попадания в рассматриваемую область любых двух из N галактик, расположенных внутри сферы радиуса R_a , вычисляется по формуле:

$$P = (N - 1) \cdot B \cdot (1 - B)^{N-2}, \quad (1)$$

где N – среднее число галактик внутри сферы радиуса R_a (принимается, что средняя плотность галактик равна $0,05 \text{ Mnk}^{-1}$), R_a, R_i - расстояния от наблюдателя, соответственно, до далекой и близкой из галактик в паре, определенные по закону Хаббла:

$$R_i = (V_1 - \Delta V_1) / H, \quad R_a = (V_2 + \Delta V_2) / H, \quad (2)$$

$B = 0,062 \cdot x_{12}^2 (R_a^3 - R_i^3) / R_a^3$ - вероятность того, что вторая галактика попадает в область K , а коэффициент 0,062 показывает пространственную ориентацию пары по отношению к наблюдателю.

Далее по значению математического ожидания E оценивается степень физической связанности двойной галактики.

Сопоставляя значения математических ожиданий E систем кратности n (из общего числа N наблюдаемых объектов) с данными наблюдений, можно сделать вывод о наличии или отсутствии физической связи между компонентами рассматриваемой n -кратной системы с помощью следующих условий: 1) если для математических ожиданий E числа оптических систем имеет место неравенство $E \leq 1$, то кратная система является уверенно физической системой; 2) если выполнено условие $E \geq N/n$, то кратная система является уверенно оптической; 3) если выполнено условие $1 < E < N/n$, нельзя делать уверенный вывод о наличии или отсутствии физической связи для рассматриваемой кратной системы. В этом случае группу условно можно отнести к «вероятно физической» или «вероятно оптической», в зависимости от значения математического ожидания E .

Применение статистического критерия для изучения каталога двойных галактик И.Д.Караченцева, определение физических и вероятно физических пар каталога, построение гистограмм распределения двойных галактик в зависимости от взаимного расстояния и разности лучевых скоростей компонентов дает возможность определить наличие скрытых масс в двойных системах и оценить, если они имеются, величину скрытой массы в системе.

3 Статистика каталога по критериям изолированности

Отметим, что, чем сильнее критерий отбора двойных ($\eta = 10$, $\xi = 1/4$), тем меньше взаимное расстояние компонентов пары: для физических и вероятно физических пар оно не превышает 50 кпк для $\eta = 10$ и 60 кпк для $\eta = 5$; максимум распределения соответствует 10-20 кпк. Если критерий слабый ($\eta = 5$, $\xi = 1/2$), то среднее расстояние между компонентами медленно меняется до 80 кпк, максимум распределения соответствует 20-30 кпк.

Гистограммы распределения взаимного расстояния X_{12} и разности лучевых скоростей $\Delta V = (V_2 - V_1)$ физических и вероятно физических пар каталога двойных галактик И.Д.Караченцева с помощью численной обработки показаны на рис.2.

Статистический критерий резко ограничивает взаимное расстояние и разность лучевых скоростей компонентов пар: взаимное расстояние для физических пар каталога фактически не превышает 40 кпк, а для вероятно физических - 90 кпк; пики распределения - от 0 до 10 кпк для физических пар и от 10 до 20 кпк для вероятно физических пар (Рис.2, а). Эти результаты хорошо согласуются с данными численного моделирования, проведенного в работе [6], в которой утверждается, что для физических пар взаимное расстояние не должно превышать 40 кпк.

Фактически разность лучевых скоростей компонентов пары не должна превышать 200 км/с для физических пар и 400 км/с для вероятно физических пар. Пик распределения для физических пар соответствует интервалу скоростей от 0 до 50 км/с, а для вероятно физических - от 50 до 100 км/с (рис. 2, б).

Однако, несмотря на жесткие ограничения по отношению к взаимному расстоянию и разности скоростей, их значения для вероятно физических пар могут достигнуть, соответственно, до ≈ 250 кпк и ≈ 1100 км/с. Тем более, как было уже отмечено выше, при составлении каталога поставлено ограничение на взаимное угловое расстояние компонентов; оно не должно превышать $8'$. Возможно, темную материю легче обнаружить в более широких парах, чем в компактных.

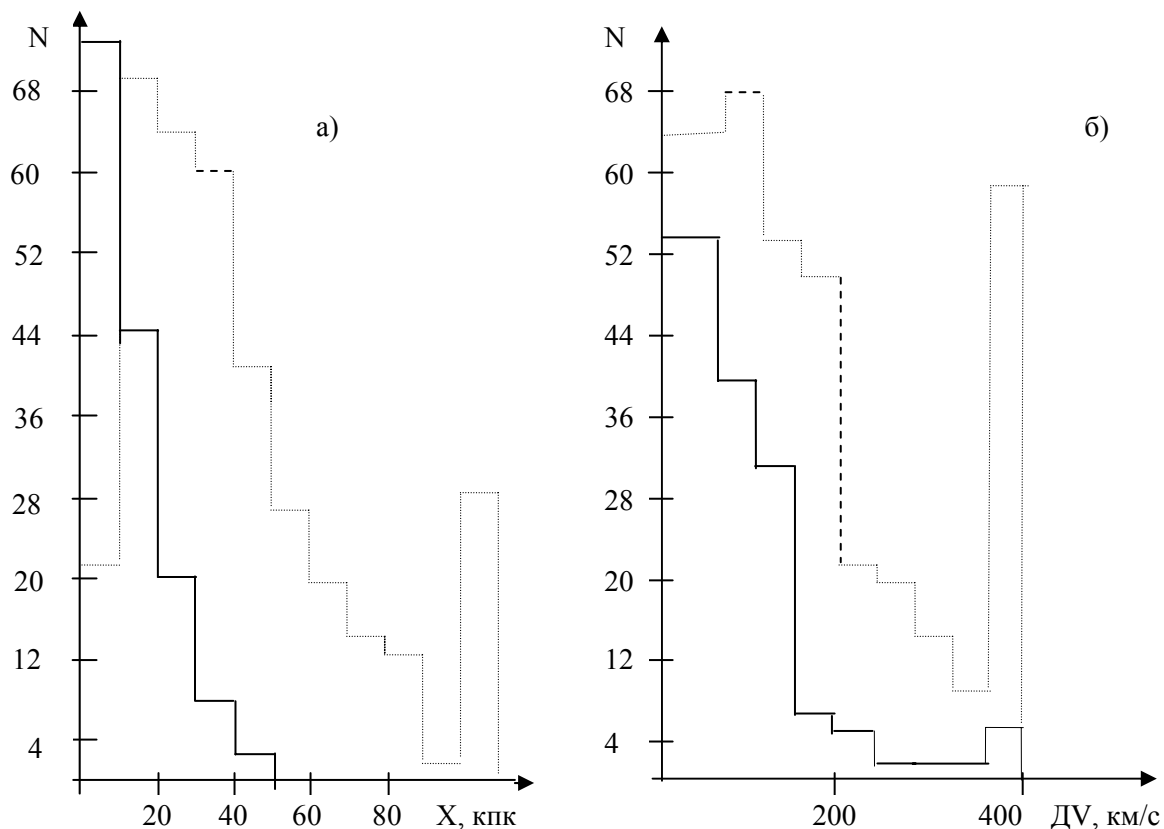


Рис.2. Распределение физических и вероятно физических пар по взаимному расстоянию (а) и по разности лучевых скоростей (б): физические пары - сплошная линия, вероятно физические пары - пунктирная линия

Средняя масса физически связанной двойной галактики примерно равна звездной (видимой) массе нашей Галактики, однако среднее значение массы для вероятно физических пар более чем в 20 раз превышает звездную массу Галактики (Таблица 1). Как нам известно, наша Галактика относится к крупным галактикам. Тогда можно предположить, что, вероятнее всего, имеются более массивные системы динамически связанных двойных галактик, масса которых на порядок превышает звездную массу Местной группы.

Таблица 1. Статистика пар по типам галактик.

Название пар	X12, кпк	ΔV , км/с	M / M_C
Физические пары	15.6	130	$1.6 \cdot 10^{11}$
Вероятно физические пары	43.8	332	$3.4 \cdot 10^{12}$
Вероятно оптические пары	87.2	1251	$4.5 \cdot 10^{13}$
Оптические пары	123.2	4334	$5.7 \cdot 10^{14}$

Из 585 пар каталога 310 показывают следы взаимодействий. Взаимодействия типа D-1 и D-2 указывают на искажение спиральной структуры или общей формы у одного (1) или двух (2) компонентов, Lb – одна или обе галактики имеют перемычки, Aam – присутствие вокруг компонентов аморфно симметричной общей “атмосферы”.

На рис. 3 показана гистограмма распределения взаимодействующих пар в процентном отношении (N%) в зависимости от морфологического типа галактик в паре, в которой тип взаимодействия между компонентами взят из каталога.

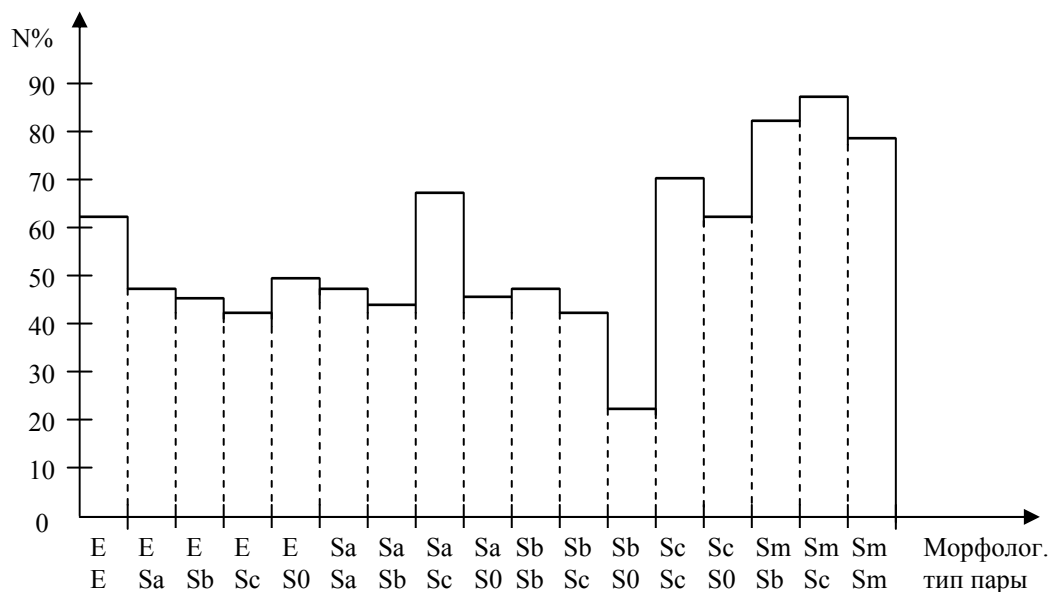


Рис. 3. Распределение взаимодействующих пар в процентном отношении. По оси абсцисс указан морфологический тип компонентов пары

Из гистограммы видно, что около 50% спиральных (Sa, Sb, Sc), эллиптических (E) и чечевицеобразных (S0) галактик показывают взаимодействие компонентов пары. Примерно 90% иррегулярных (Sm) галактик взаимодействуют с галактиками других типов, а 66% эллиптических галактик взаимодействуют между собой.

Количественный состав взаимодействующих пар по типам галактик приведен в таблице 2. Иррегулярные галактики обозначены символом Sm. Число иррегулярных галактик, встречающихся в составе двойных, небольшое, однако почти все показывают следы взаимодействий. Не указывает ли это на искажение структуры и тем самым образование галактик типа Sm из-за взаимодействия или слияния двух галактик?

Таблица 2. Количественный состав взаимодействующих пар по типам галактик.

Типы галактик в парах	Sa Sa	Sa Sa	Sa Sa	Sb Sb	Sc Sc	Sb Sb	Sa Sa	Sb Sb	Sc Sc	So So	Sa Sa	Sb Sb	Sc Sc	E E	Sm Sa	Sm Sb	Sm Sc	Sm Sm	Sm E
Кол-во взаимодействующих пар	21	32	20	28	31	28	9	4	5	1	14	13	8	36	3	8	15	14	1

Кроме того, почти у всех EE-галактик имеется общая «атмосфера» (Aam или Ash), что явно указывает на физическое взаимодействие между компонентами. У спиральных галактик преобладают взаимодействия типа D-1, D-2, Lb или Lbt. Такие типы взаимодействия могут иметь место при близком взаимном прохождении компонентов пар.

В дальнейшем отдельно рассмотрим оптические пары двойных галактик, так как среди них встречаются пары, которые показывают следы взаимодействий.

4 Статистика оптических пар

Так как вириальный коэффициент k в апоцентре связан с эксцентриситетом орбиты выражением $e = 1 - 2k$, то значение вириального коэффициента, вместе с ним и линейной скорости галактик в составе двойной, зависит от эксцентриситета орбиты $k = \bar{T} / |\bar{U}| = 0,5 \cdot (1 - e)$. С увеличением относительной скорости компонентов пары эксцентриситет орбиты уменьшается, т.е. орбита является близкой к круговой. При

постоянных значениях большой полуоси и эксцентриситета орбиты значение вириального коэффициента зависит от полной массы системы. Так, при одинаковой относительной скорости компонентов пары, чем больше масса системы, тем меньше должно быть значение вириального коэффициента. Это значит, что эксцентриситет должен быть близким к единице, т.е. орбита должна быть более вытянутой.

Наличие скрытых масс делает динамическую эволюцию двойных систем более интенсивной, т.е. даже при относительных скоростях, больших скорости отрыва, система остается устойчивой. Поэтому оптические пары каталога двойных галактик вызывают особый интерес и являются объектом дальнейшего изучения.

Из всех 585 двойных галактик 39 пар оказались оптическими, 34 - вероятно оптическими. Относительные скорости 28 оптических и 9 вероятно оптических пар превышает 1600 км/с. Это означает, что, видимо, относительные скорости играют решающую роль при определении физической связанности систем. Средние значения лучевых скоростей вероятно оптических и оптических пар каталога составляют соответственно 1250 и 4330 км/с. Очевидно, что относительная скорость всегда превышает разность лучевых скоростей компонентов пары.

Если суммарная орбитальная масса физически связанной двойной галактики, определенной по формуле [6]

$$M = \frac{32}{3\pi} \cdot \gamma^{-1} \cdot X \cdot (V_1 - V_2)^2 \quad (3)$$

примерно равна звездной массе Местной группы ($3,8 \cdot 10^{11} M_C$, где M_C - масса Солнца), то значение средней массы вероятно оптических пар более чем в 100 раз ($4,5 \cdot 10^{13} M_C$), а оптических пар - более чем в 1000 раз ($5,7 \cdot 10^{14} M_C$) превышает массу Местной группы.

Если среди оптических пар можно найти физически связанную систему, то можно предположить, что имеются более массивные системы динамически связанных двойных галактик, масса которых намного превышает видимую массу Местной группы. Динамику таких систем невозможно объяснить без привлечения значительной темной материи.

Результаты применения статистического критерия к каталогу двойных галактик И.Д.Караченцева показали, что к оптическим парам можно отнести следующие пары: 12, 15, 20, 27, 30, 35, 45, 54, 57, 60, 77, 94, 114, 166, 189, 196, 238, 245, 247, 267, 357, 364, 417, 443, 448, 456, 462, 463, 464, 475, 478, 498, 500, 512, 522, 546, 556, 563, 569. Из них явные следы взаимодействия показали пары: 60, 364, 463, 569.

К вероятно оптическим парам можно отнести: 2, 18, 48, 55, 111, 120, 162, 164, 174, 183, 184, 207, 213, 226, 229, 235, 270, 272, 286, 412, 421, 457, 489, 496, 497, 510, 513, 520, 529, 532, 550, 562, 597, 599. Из них явные следы взаимодействия показали следующие пары: 18, 164, 183, 272, 286, 599. Некоторые характеристики взаимодействующих оптических пар приведены в таблице 4.

Разумеется, само по себе присутствие приливных сил, которые привели к искажению структуры галактик, является явным признаком того, что галактики находятся на одинаковых расстояниях от нас. Тогда разность лучевых скоростей соответствует радиальной составляющей их относительной скорости.

Пары номерами 272, 286 и 463 были выбраны по слабому критерию отбора $\eta = 5$, $\xi = 1/2$, их можно отнести, как предполагает И.Д.Караченцев, к членам более крупных систем – групп или скоплений галактик. Возможно поэтому их относительные скорости больше той критической величины, чтобы их считать условно изолированными. С другой стороны, искажение спиральной структуры одного из компонентов (D-1) или наличие перемычки (Lb) явно не указывает на изолированность этих пар. Они могут случайным

образом оказаться рядом, хотя взаимные расстояния, относительные скорости и «вириальные» массы пар 272 и 286 намного меньше, чем у остальных пар списка.

Таблица 4. Характеристики взаимодействующих оптических пар

№ п/п	№ пары	Типы галактик	Критерий отбора	Тип взаимодействия	x_{12} , кпс	V_{12} , км/с	M / M_C
1.	18	E-E	(+ -)	Aam	25	355	$2.47 \cdot 10^{12}$
2.	60	Sc-Sc	(+ +)	D-1	125	7974	$6.25 \cdot 10^{15}$
3.	164	Sa-Sb	(+ -)	D-1	51	2570	$2.64 \cdot 10^{14}$
4.	183	Sa-Sa	(+ +)	Lb	37	4241	$5.24 \cdot 10^{14}$
5.	272	Sc-Sc	(- -)	D-1	83	130	$1.11 \cdot 10^{12}$
6.	286	Sa-Sb	(- -)	Lb	55	126	$6,88 \cdot 10^{11}$
7.	364	Sa-Sm	(- +)	D-2	71	8548	$4.08 \cdot 10^{15}$
8.	463	Sa-Sb	(- -)	D-1	76	3076	$5.68 \cdot 10^{14}$
9.	569	Sa-E	(- +)	D-2	55	4083	$7.2 \cdot 10^{14}$
10.	599	E-E	(- -)	Aam	27	2618	$1.46 \cdot 10^{14}$

Двойные галактики под номерами 60 и 183 выбраны по сильному критерию отбора ($\eta = 10$, $\xi = 1/4$), т.е. третья «значимая» галактика находится от двойной на расстоянии, превышающем их взаимное расстояние в 10 раз и по величине является менее массивной. Такие пары, фактически, можно считать изолированными, т.е. не являющимися членами более крупных систем. Пары под номерами 164, 364 и 569 являются средними по критерию отбора, их также можно отнести к условно изолированным системам. Тем не менее, большие относительные скорости компонентов и значения суммарных орбитальных масс этих пар указывают на то, что, вероятнее всего, они являются либо случайно находящимися рядом в галактическом фоне, либо членами более крупных систем.

Если искажение спиральной структуры компонентов пары (D-1, D-2), наличие приливных структур в виде «хвостов» (Lt) или перемычек (Lb) можно объяснить действием приливных сил при случайном близком взаимном прохождении галактик пары, то наличие общей «атмосферы» (Aam) трудно согласовать с их случайным близким взаимным прохождением. Оно говорит о том, что галактики совместно существуют и взаимодействуют друг с другом довольно долгое время. Об этом свидетельствуют и взаимные расстояния пар под номерами 18 и 599 на картинной плоскости, которые составляют, соответственно, 25 и 27 кпс. Фактически расстояния между галактиками сравнимы с размерами самих галактик, что указывает, вместе с общей «атмосферой», на возможную физическую связь между компонентами этих пар.

Если суммарная орбитальная масса пары под номером 18 более чем в шесть раз превышает видимую массу Местной группы, то двойная под номером 599 является довольно массивной, ее вириальная масса в 380 раз превышает звездную массу Местной группы. Этот факт указывает на то, что, возможно, имеются среди двойных галактик такие массивные, масса которых на два-три порядка выше звездной массы Местной группы. Возможно, они не являются такими широкими, как Местная группа, но имеют большую относительную скорость.

5 Распределение пар галактик по проекциям

Одним из существенных вопросов при изучении динамики двойных галактик является характер относительных движений компонентов. Если орбитальное движение компонентов

близко к круговому, то относительная скорость компонентов будет маленькой, а движение – более замедленным. Наоборот, более вытянутая орбита делает динамику двойной галактики более интенсивной, относительную скорость компонентов довольно большой.

Сравнение орбитальных оценок массы с суммой индивидуальных масс двойных галактик показывает, что наилучшее согласие орбитальных и индивидуальных масс имеет место при $e = 0.25$ [14]. Из этого В.А.Минева и И.Д.Караченцев делают вывод, что движения галактик в парах близки к круговым.

К альтернативному выводу пришли Э.Тернер и др. [15]. Численные эксперименты, проведенные ими, привели к заключению, что пары галактик, образующиеся в процессе гравитационного сгущивания, имеют сильно вытянутые орбиты с эксцентриситетами $e \approx 0.7 \div 0.9$.

Определение массы систем галактик по формуле типа вириальной теоремы недостаточно надежно из-за низкой точности оценки радиальной скорости отдельных галактик и трудности определения внутренних движений компонентов системы. Кроме этого, существует так называемый эффект проекций. Наблюдаемые пары не всегда лежат на картинной плоскости. В зависимости от угла α между радиус-вектором какой-либо из галактик и прямой, соединяющей компоненты пары, взаимное угловое расстояние меняется (см. рис.4.а). Естественно, в зависимости от угла зрения меняется и проекция взаимного расстояния пары на картинную плоскость.

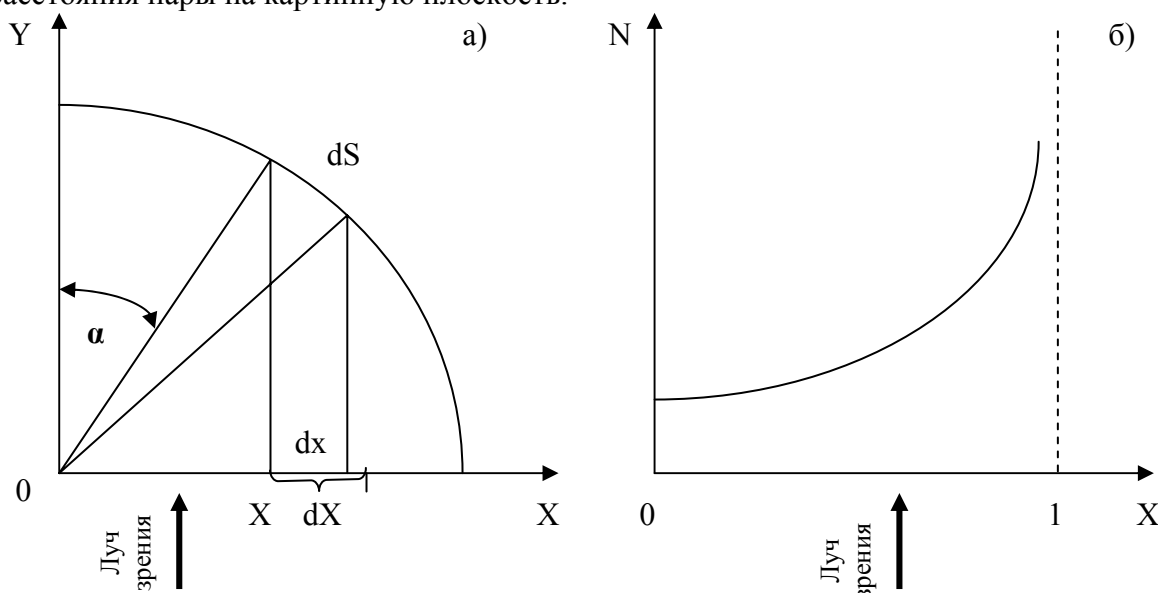


Рис.4. Проекция истинного взаимного расстояния на картинную плоскость (а) и вид функции распределения пар по проекциям (б)

В связи с этим интересным является вопрос, в каком плане мы видим двойные системы на небе, каково соотношение галактик, лежащих на картинной плоскости и на одной прямой с наблюдателем. По этой причине можно поставить задачу об определении функции распределения двойных систем в зависимости от проекций их взаимных расстояний на картинную плоскость.

Как было изложено выше, наблюдаемое взаимное расстояние двойной галактики является проекцией истинного взаимного расстояния компонентов на картинную плоскость. Поэтому отношение проекции взаимного расстояния пары на картинную плоскость к истинному их взаимному расстоянию лежит в интервале от 0 до 1. Если проекция пары равна истинному взаимному расстоянию, то проекция равна единице, и наоборот, если два наблюдаемых объекта лежат на одной прямой с наблюдателем, то проекция равна нулю. Нормы всех остальных конфигураций лежат между ними (рис.4, а).

Разделим ось OX и дугу четверти круга по dX и dS на равные части. Тогда на равные дуги dS приходится количество пар $dn = (2N_0 / \pi) \cdot dS$, проекции которых лежат в интервале от X до $X+dx$. Число пар, проекции которых лежат в интервале от X до $X+dX$, пропорционально отношению dX/dx и равно

$$dN = dn \cdot dX / dx = (2N_0 / \pi) \cdot (dX / dx) \cdot dS \quad (4)$$

Очевидно, что $dx = dS \cdot \cos \alpha$, $X = \sin \alpha$, тогда, подставляя эти выражения в (4), получим

$$dN = (2N_0 / \pi) \cdot (dX / \sqrt{1 - X^2}) \quad (5)$$

Функция распределения имеет вид

$$f(x) = (2N_0 / \pi) / \sqrt{1 - X^2} . \quad (6)$$

Это выражение определяет искомую функцию распределения пар по проекциям. На рис.4, б показан график этого распределения.

Таким образом, большинство пар мы наблюдаем на небе почти плашмя. Это значит, что наблюдаемые расстояния пар в большинстве случаев можно считать «истинными».

В этом случае оценка массы по формуле (3), возможно, несколько превышает действительное значение массы.

Выводы

В результате изучения каталога двойных галактик можно сделать следующие выводы:

1. С определенной вероятностью можно заключить, что среди двойных галактик имеются такие, масса которых на два-три порядка выше звездной массы Местной группы.
2. При равномерном распределении галактик по направлению в пространстве количество галактик на картинной плоскости увеличивается, т.е. большинство галактик мы наблюдаем на картинной плоскости.

Литература

1. Чернин А.Д. Физический вакуум и космическая анти-гравитация //УФН. 2001. Т.171. С.1153.
2. Караченцев И.Д., Чернин А.Д. Галактики в океане темной энергии. //В мире науки. – 2006. - №11. С. 30-37.
3. Караченцев И.Д., Чернин А.Д. Темная энергия в ближней Вселенной. <http://www.inauka.ru/astrophysics/article94216.html>
4. А.Д. Чернин Темная энергия вблизи нас. //ГАИШ МГУ <http://www.astronet.ru/db/msg/1210535>
5. Воронцов-Вельяминов Б.А. Внегалактическая астрономия.- М.: Наука, 1978.
6. Караченцев И.Д. Двойные галактики. М.: Наука, 1987.- 248 с.
7. Чернин А.Д., Киселева Л.Г., Аносова Ж.П., Орлов В.В. Динамическая эволюция тесных пар в системе нескольких тел: численный эксперимент. /В кн: Динамика гравитирующих систем и методы аналитической небесной механики.- Алма-Ата: Наука, 1987.- С.58-59.
8. Горбачкий В.Г., Крицук А.Г. Динамические процессы в скоплениях и группах галактик. //Итоги науки и техники. Астрономия. /ВИНИТИ - М., 1987.- Т.29. Скопления галактик.- С.62-110.
9. Караченцев И.Д., Фесенко Б.И. Анализ выборки двойных галактик Тернера. //Астрофизика.- 1979.- Е.15, вып.2.- С.217-228.
10. White S.D.M. Simulations of Merging galaxies. //Mont. Not. Rou. Astron. Soc.- 1978.- V.184- P.185-203.
11. Holmberg E. A Study of Double and Multiple Galaxies // Annals of the Observ. Of Lund. - 1937.- V.6.- P.5.

12. Turner E.L. Binary Galaxies. I. A well-defined statistical sample. //Ap.J.- 1976, No.1.- P.20-29.

13. Аносова Ж.П. Обобщенный статистический критерий выделения оптических и физических кратных систем – случайных и неслучайных группировок объектов. //Астрофизика.- 1987.- Т.27, вып.3.- С. 535.

14. Минева В.А. Индивидуальные и орбитальные массы двойных галактик. //Астрофизика.- 1987.- Т.26, вып.2.- С.335-349.

15. Turner E.L., Sverre J., Aarseth J., Gott III.R., Blanchard N.T., Mathieu R.D. N-body simulations of Galaxy Clustering. II. Groups of Galaxies.//Ap.J.- 1979.- V.228, No.2.- P.684.

ҚОС ГАЛАКТИКАЛАР ЖӘНЕ КҮҢГІРТ МАТЕРИЯ

М.Б. Шәкенов, Л.М. Чечин

Статистикалық критерий арқылы қос галактикалар каталогының физикалық, ықтималды физикалық, ықтималды оптикалық және оптикалық жұптары анықталады. Қос галактикаларда күңгірт материяның болу мәселесі және қос галактикаларды бақылаудағы проекция эффекті талқыланады.

DOUBLE GALAXIES AND THE DARK MATTER

M.B. Shakenov, L.M. Chechin

Physical, possibly physical, possibly optical and optical pairs of the catalogue of double galaxies are determined through statistical criteria. Existence of the dark matter in double galaxies and projection effect to results of observing are also discussed.