

УДК: 524.63—325

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МЕСТНОЙ ГРУППЫ ГАЛАКТИК

С. НИНКОВИЧ, А. ЧЕРНИН, М. ШАКЕНОВ

Поступила 8 января 1991

Принята к печати 25 января 1991

Построена система динамических моделей Местной группы галактик; на ее основе дана оценка содержания скрытых масс в системе и проанализировано их возможное пространственное распределение. Сравнение с наблюдательными данными свидетельствует в пользу того, что темная материя превосходит по массе в 4—13 раз звездную массу галактик группы; приводятся также аргументы в пользу того, что скрытые массы скорее собраны в основном в индивидуальные короны двух главных галактик— Андромеды и Млечного Пути, чем распределены в виде общей короны всей Местной группы как целого.

1. *Введение.* Наша Галактика вместе с гигантской спиральной галактикой в Андромеде и еще примерно тремя десятками гораздо менее крупных галактик образуют, как известно, Местную группу, все члены которой имеют, по-видимому, общее происхождение. Можно полагать также, что помимо генетической связи между членами группы имеется еще и динамическое единство, т.е. галактики составляют в совокупности относительно изолированную, гравитационно связанную систему. Динамическими характеристиками системы служат массы отдельных галактик, их относительные скорости и относительные расстояния, причем наиболее существенны, очевидно, соответствующие величины для двух доминирующих галактик Местной группы. Важнейшим динамическим фактором является масса Местной группы, которая может, вероятно, заметно превосходить суммарную массу видимого звездного вещества системы [1—3].

Звездные массы галактик системы, их скорости и расстояния могут быть (хотя бы в принципе) непосредственно измерены в наблюдениях; о скрытой же массе приходится судить лишь по косвенным свидетельствам, вытекающим из особенностей динамики Местной группы. В пользу ее присутствия говорит прежде всего довольно значительная лучевая скорость Андромеды, $V_0 = -120$ км/с, при немалом расстоянии до нее, $R_0 \approx$

700 кпк (см., например, [4]). Если эти две величины скомбинировать с гравитационной постоянной G в соотношение «вириального» типа, то соответствующая масса $M = V_0 R_0 / G$, составит $6.5 \cdot 10^{12} M_{\odot}$, что приблизительно на порядок превышает суммарную звездную массу обеих крупнейших галактик, а с ними и всей Местной группы.

Рассматривая Местную группу в первом приближении как пару Галактика-Андромеда, следует заметить, что эта двойная система весьма отличается от типичных двойных галактик, изученных особенно детально Караченцевым [5]. Пары Караченцева, среди которых тоже имеется немало двойных с компонентами-гигантами, чаще всего являются гораздо более тесными, чем пара Галактика-Андромеда: среднее расстояние между членами пар в каталоге [5] составляет 44 кпк. В выборке Миневой [6] среднее расстояние еще меньше—26 кпк. Обычно используемые критерии выявления физических пар галактик предполагают, что максимальное взаимное расстояние галактик не превышает 70—100 кпк; в противном случае такую широкую пару относят, как правило, к членам группировок большей кратности. Типичные пары галактик с относительно малым средним расстоянием практически не обнаруживают сколько-нибудь существенных скрытых масс [5—7]; по крайней мере, оценки по формуле вириального типа, использованной выше, не дают заметного превышения «динамической» массы пары от массы, определяемой по стандартному соотношению масса—светимость.

Широкая пара Галактика—Андромеда, в противоположность типичным двойным галактикам, вряд ли может быть интерпретирована динамически без привлечения предположения о скрытых массах. На это указывает не только приведенная «вириальная» оценка, но и более подробный анализ внутренней динамики системы [2, 3, 8, 9]. Следует вместе с тем отметить, что скрытая масса в объеме Местной группы не обнаруживает прямого и однозначного проявления во внешнем динамическом влиянии на хаббловский поток в зоне с радиусом 10 Мпк [10].

Изучая внутреннюю динамику Местной группы, мы построили серию моделей, имитирующих современное фазовое состояние пары Галактика—Андромеда с учетом как величин скорости и расстояния, так и вероятного значения возраста системы [3, 4]. Учет этой третьей величины (в дополнение к двум, используемым в вириальной оценке) дает дополнительные доводы в пользу существования в системе значительных скрытых масс.

Весьма важным является вопрос о том, как значительные скрытые массы, если они действительно имеются, распределены в пространстве Местной группы. Априори можно допустить две крайние возможности:

1) скрытые массы сосредоточены вокруг двух крупнейших галактик системы, образуя их индивидуальные короны; 2) скрытые массы «обобщест-

влены» и распределены по всему объему Местной группы в виде общей короны. Следует иметь в виду и промежуточную возможность; 3) скрытые массы частью сосредоточены вокруг основных галактик, а частью распределены в объеме системы. Первая из этих возможностей означала бы, что Местная группа представляет собой двойную гипергалактику, если применить здесь представление, введенное Эйнасто и др. [11]. Вторая крайняя возможность соответствовала бы гипергалактике с двойным ядром, образуемым парой Галактика—Андромеда. В пользу каждой из этих возможностей высказывались различные соображения, но по существу вопрос о распределении скрытых масс в Местной группе все же оставался, как отмечено в [3], открытым. В наших моделях Местной группы учитываются как возможные способы распределения скрытых масс, так и допустимые варианты начальных условий. Выясняется, что для двух указанных выше крайних случаев распределения скрытых масс и при различных начальных условиях модели демонстрируют существенно различающиеся схемы динамической эволюции Местной группы. Более реалистической оказывается, судя по всему, картина индивидуальных корон, образуемых скрытой массой вокруг Галактики и Андромеды.

2. *Параметры моделей.* При построении моделей приняты следующие наблюдательные данные: звездная масса Галактик равна $1.5 \cdot 10^{11} M_{\odot}$; Андромеда имеет массу $2.3 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, превышающую массу Галактики в 1.5 раза. Взаимное расстояние их центров $R_0 = 690 \pm 50$ кпк; лучевая скорость Андромеды относительно центра Галактики $V_0 = -120 \pm 20$ км/с [4]; ее трансверсальная скорость $V_{0\perp} = 60 \pm 30$ км/с [2]. Возраст Местной группы составляет от 10 до 16 млрд. лет [3, 4].

Основным параметром моделей является полная скрытая масса M , измеренная в единицах суммарной звездной массы основных галактик группы, $M_s = 3.8 \cdot 10^{11} M_{\odot}$. Отношение M/M_s принимает в моделях значения 0, 3, 5, 10, 20. Вторым параметром моделей служит доля α скрытой массы, заключенной в общей короне группы. Распределение плотности скрытых масс в общей короне принималось сферически симметричным и изотермическим, $\rho(R) \sim \rho_0 (r_c/R)^2$, в интервале радиальных расстояний 0.02—1 Мпк, где верхняя граница распределения скрытых масс соответствует принятому максимальному радиусу Местной группы, а нижняя граница, r_c , соответствует радиусу гало основных галактик. Это допущение основано на известных данных о коронах индивидуальных галактик и коронах больших скоплений: в обоих случаях изотермический или весьма близкий к нему закон распределения установлен довольно надежно (см., например, [8]). Интерполируя, можно положить, что он осуществляется и в группах галактик, которые отвечают промежуточному масштабу между отдельными

галактиками и богатыми скоплениями. Третьим параметром моделей является начальное расстояние между двумя галактиками R_1 , т. е. расстояние в эпоху формирования, когда относительная радиальная скорость была равна нулю. Измеренное в единицах современного расстояния, R_1/R_0 , начальное расстояние принимало значения 1.5; 2.0; 2.5. Так как не исключена отличная от нуля трансверсальная скорость, вводился и четвертый безразмерный параметр—начальное значение вириального коэффициента K , т. е. отношения кинетической энергии к модулю потенциальной при $t=0$. Для вириального коэффициента задавались начальные значения 0.03; 0.07; 0.1; 0.2; 0.3. Допускалось, что в начальный момент времени центр распределения скрытых масс совпадает с центром масс двойной системы. Построено 180 моделей, отвечающих различным комбинациям этих четырех параметров.

В случаях, когда скрытая масса сосредоточена в индивидуальных коронах галактик, динамика системы сводится к простой задаче двух тел, если каждую из галактик (точнее, гипергалактик) рассматривать как единое целое и в первом приближении пренебрегать ее несферичностью и возможностью возбуждения внутренних степеней свободы (см. [1—3]). Во всех других случаях, когда вся скрытая масса или ее часть образует общую корону, динамика системы моделировалась на ЭВМ методом Рунге—Кутты четвертого порядка с автоматическим выбором шага интегрирования по программе, разработанной в АО ЛГУ [12]. При этом пренебрегалось обратным влиянием галактик (рассматриваемых как сферические массы) на общее распределение скрытых масс в объеме системы; не учитывалось также и приливное трение в системе.

Основное требование к моделям—обеспечить совпадение с современными значениями расстояния и радиальной скорости пары Галактика—Андромеда в пределах точности наблюдательных данных при возрасте из интервала его допустимых значений. В дополнение к этому требовалось, чтобы трансверсальная составляющая скорости также лежала в интервале, определенном в [2]. Этому критерию отвечают, как оказывается, лишь те модели, в которых полная скрытая масса превышает звездную массу галактик не менее чем в 5 раз. При этом, однако, способ распределения скрытых масс в пространстве системы остается еще полностью произвольным: доля скрытой массы в общей короне может составлять от 0 до 100 %.

Модели показывают, что от доли массы в общей короне существенно зависит динамическая история системы. Особенно важно то обстоятельство, что при наличии массивной общей короны нынешнее сближение двух основных галактик является не первым, а вторым за время жизни системы. Если на долю общей короны приходится не менее 50 % полной скрытой массы, то первое сближение, при котором минимальное расстояние между

центрами галактик составляло 60—200 кпк, должно было иметь место примерно 6—8 млрд. лет назад. Это обстоятельство может послужить новым аргументом при выборе между допустимыми априори моделями распределения скрытой массы (см. ниже).

3. *Модели общей короны.* Любая модель без скрытой массы обнаруживает, что при сближении с различных начальных расстояний (без начальной радиальной скорости) до современного расстояния Галактика и Андромеда приобретают за время их жизни взаимную скорость, которая уступает наблюдаемой радиальной скорости Андромеды в 4 раза и более. Принимая на этом основании, а также и с учетом сказанного выше, предположение о наличии скрытых масс, рассмотрим сначала набор моделей, в которых эти массы полностью или частично распределены во всем объеме Местной группы и образуют ее общую корону. Модели воспроизводят эволюцию системы от начального состояния (нулевая начальная радиальная скорость, $1.5 \leq R_i/R_0 \leq 2.5$; $0.03 \leq K \leq 0.3$) до состояния, которое возникает через 10—16 млрд. лет.

Прежде всего нужно отметить, что наблюдаемая картина воспроизводится лишь тогда, когда скрытая масса, заключенная в короне, превышает некоторую нижнюю границу:

$$M/M_s > 5. \quad (1)$$

При меньших значениях массы галактики все еще не успевают за нужное время разогнаться до нужных скоростей. Например, при $M/M_s = 3$; $\alpha = 1$; $R_i/R_0 = 1.5$; $K \leq 0.2$, галактики способны сблизиться до нужного расстояния за приемлемое время, но их относительная скорость в 1.8 раза меньше наблюдаемой. При той же массе, но с большим вириальным коэффициентом и/или большим начальным расстоянием невозможно даже и сближение до нужного расстояния за время жизни системы.

Наличие общей короны с массой, удовлетворяющей условию (1), вызывает довольно быстрое сближение двух галактик. Так, уже на нижнем пределе условия (1) при $\alpha = 1$ возможно сближение до расстояния R_0 через 5—8 млрд. лет от начала движения в моделях, где $1.5 < R_i/R_0 \leq 2$, $0.03 < K < 0.2$. Вслед за первым сближением в тех же моделях оказывается возможным второе сближение до расстояния R_0 ; оно приходится на интервал времени 17—22 млрд. лет, что несколько превосходит указанное выше значение возраста Местной группы. Последнее означает, что, строго говоря, такие модели не удовлетворяют условиям воспроизведения современной фазовой картины.

В моделях с $M/M_s = 5$ при $\alpha > 1/2$ все принятые нами условия могут выполняться для второго сближения галактик. В табл. 1 приве-

дены характеристики двух моделей, в которых полная скрытая масса, равная удесятеренной звездной массе, делится поровну между общей короной системы с радиусом 1 Мпк и индивидуальными коронами двух основных галактик Местной группы (в пропорции 1:1.5 для Галактики и Андромеды); модели различаются только начальным значением вириального коэффициента: $K=0.03$ и $K=0.07$. В обеих моделях современному состоянию системы предшествовало весьма тесное сближение двух галактик. При $K=0.03$ минимальное расстояние между центрами галактик составляло 60 кпк и достигалось при возрасте системы $t=6.4$ млрд. лет. При $K=0.07$ минимальное расстояние было заметно больше, 190 кпк, и достигалось при $t=7.3$ млрд. лет. В первом случае относительная скорость движения галактик при их самом тесном сближении составляла 430 км/с, а во втором—360 км/с.

Таблица 1

№	M/M_s	R_1/R_0	K	α	R/R_0	t (10^9 лет)	$ V_R/V_0 $	V_t/V_0
1	10	1.5	0.03	1/2	1.02 ± 0.11	12.94 ± 0.56	1.02 ± 0.36	0.46 ± 0.39
2	10	1.5	0.07	1/2	1.01 ± 0.12	16.03 ± 0.84	0.91 ± 0.29	0.26 ± 0.16
3	20	1.5	0.07	1/2	1.05 ± 0.17	11.53 ± 0.74	0.95 ± 0.16	0.45 ± 0.17

Условия сравнения с наблюдаемой картиной выполняются также и для модели с $\alpha \cdot M/M_s = 10$ при $\alpha = 1/2$ (см. табл. 1). В этом случае минимальное расстояние между центрами галактик составляло 200 кпк и достигалось при $t=5.3$ млрд. лет; соответствующая относительная скорость равнялась 600 км/с.

Таблица 2

№	M/M_s	R_1/R_0	K	α	R/R_0	t (10^9 лет)	$ V_R/V_0 $	V_t/V_0
1	5	2.0	0.03	0	1.00 ± 0.12	15.08 ± 0.68	0.94 ± 0.10	0.35 ± 0.04
2	5	2.0	0.07	0	1.04 ± 0.12	15.53 ± 0.68	0.85 ± 0.10	0.51 ± 0.06
3	5	2.0	0.1	0	1.01 ± 0.16	16.37 ± 1.07	0.83 ± 0.12	0.64 ± 0.10
4	10	2.0	0.03	0	1.00 ± 0.10	11.14 ± 0.45	1.27 ± 0.12	0.47 ± 0.05
5	10	2.0	0.07	0	1.00 ± 0.10	11.70 ± 0.45	1.19 ± 0.10	0.71 ± 0.08
6	10	2.0	0.1	0	1.00 ± 0.09	12.21 ± 0.51	1.12 ± 0.10	0.85 ± 0.09

На рис. 1 показаны в качестве примера траектории Галактики и Андромеды в модели с параметрами модели 2 из табл. 1. Рис. 2 дает кривые изменения со временем расстояния между этими галактиками в трех описанных выше моделях.

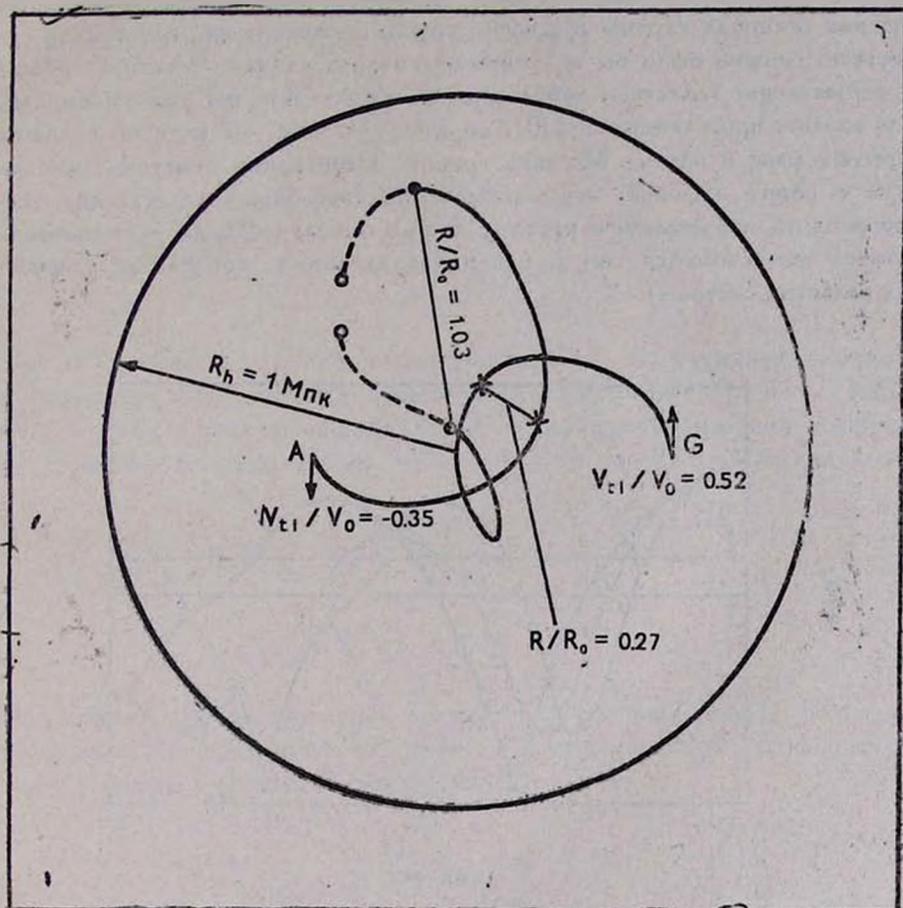


Рис. 1. Траектории Галактики (G) и Андромеды (A) в модели с параметрами: $R_1 = 1.5R_0$, $\alpha = 1/2$, $K = 0.07$, $M = 10M_{\odot}$. Указаны положения тел в моменты времени: \times —7.3 млрд. лет, \cdot —15.7 млрд. лет, \circ —20 млрд. лет.

Как показывает анализ всего набора моделей с общей короной радиусом в 1 Мпк, масса короны не должна превышать предел в 10 звездных масс системы. Интервал допустимых масс, $(5-10) \cdot M_{\odot}$, в действительности может быть несколько сдвинут в сторону меньших масс, если учесть, что реальные движения двух основных галактик Местной группы не выходят

за границы объема, радиус которого меньше, чем 1 Мпк. Например, в моделях 1—3 в течение 16 млрд. лет ни одна из галактик не удаляется от центра короны далее 750 кпк. Соответственно этому нужно считать, что в области, доступной движению галактик, масса общей короны лежит в пределах от 3.75 до 7.5 звездных масс. Данные о полной массе и реальных внешних границах короны Местной группы, если она на самом деле существует, можно было бы получить из анализа влияния Местной группы на окружающие галактики хаббловского потока. Как мы уже упоминали, этот анализ, проделанный в [10], не дает указаний на наличие больших скрытых масс в объеме Местной группы. Необходимо отметить, что модели с общей короной, как оказывается, способны количественно воспроизводить наблюдаемую картину лишь в том случае, если заметная доля скрытой массы имеется также и в индивидуальных коронах двух основных галактик системы.

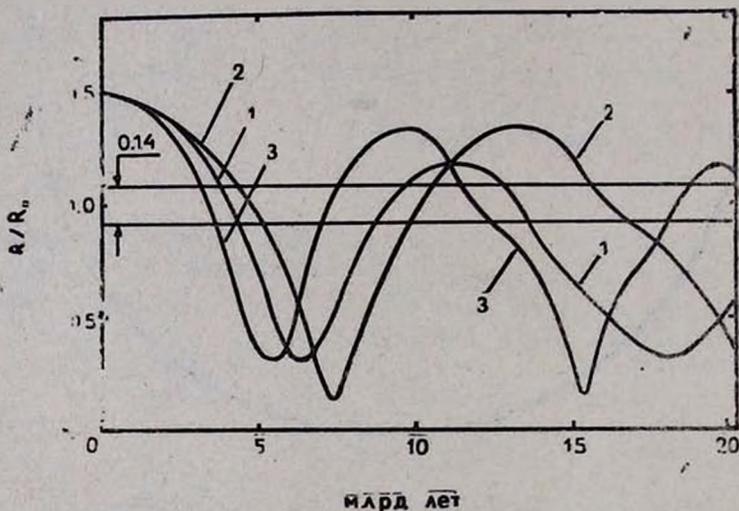


Рис. 2. Зависимость от времени расстояния между Галактикой и Андромедой в моделях, представленных в табл. 1.

4. *Модели индивидуальных корон.* Рассматривая систему Галактика—Андромеда как широкую двойную галактику и пренебрегая их размерами (считая их точечными), в первом приближении можно определить параметры орбит и оценить наибольшее и наименьшее значения полной скрытой массы в системе, опираясь на известные из наблюдений величины (см. выше). Предполагая, что относительная траектория является эл-

липтической, найдем с помощью формул небесной механики [13]: 1) параметрическое уравнение траектории

$$\frac{p}{R} = 1 + e \cdot \cos \varphi, \quad (2)$$

2) выражения скорости и ее составляющих

$$v^2 = \mu \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{a} \right),$$

$$v_R = \frac{c e}{p} \sin \varphi, \quad (3)$$

$$v_t = R \dot{\varphi} = \frac{c}{p} (1 + e \cdot \cos \varphi),$$

где p — параметр эллипса, e — эксцентриситет, φ — истинная аномалия, c — интеграл площадей (удельный орбитальный момент), $\mu = G (M_A + M_C)$. Так как начальный вириальный коэффициент K связан с эксцентриситетом орбиты выражением $e = 1 - 2K$, то из (2) и (3) находим, что

$$v_R = \frac{2\mu}{R_i} \left(\frac{R_i}{R} - 1 \right) \left(1 - K - K \frac{R_i}{R} \right), \quad (4)$$

$$v_t = \sqrt{2\mu R_i K / R}.$$

При фиксированных значениях взаимного расстояния $R = R_0$, начального расстояния R_i и начального вириального коэффициента K радиальная скорость линейно зависит от трансверсальной:

$$v_R = v_t \frac{R_0}{R_i \sqrt{K}} \left[\left(\frac{R_i}{R} - 1 \right) \left(1 - K - K \frac{R_i}{R_0} \right) \right]^{1/2}. \quad (5)$$

Это значит, что при фиксированных значениях параметров K и R_i отношение радиальной скорости к трансверсальной не зависит от полной массы системы, если взаимное расстояние тел в момент времени t будет одинаковым для всех значений полной массы системы. Однако от полной массы зависит промежуток времени для прохождения тел расстояния от их начального взаимного расстояния R_i до расстояния R_0 в современную эпоху; чем больше величина полной массы системы, тем меньше потребуется времени для преодоления этого расстояния. Зависимость времени от массы можно определить из первого уравнения (4):

$$t = \frac{T}{2} + \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \cdot e \sqrt{1 - \left(\frac{R_0 - a}{ae}\right)^2} - \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} \arccos \left(\frac{R_0 - a}{ae}\right), \quad (6)$$

где $a = R_i / (1 + e)$ большая полуось орбиты, $T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{\mu}}$ — период движения. Как видно из (6), возраст системы Галактика—Андромеда пропорционален величине $M^{-1/2}$ при постоянных значениях параметров R_i , R ($R = R_0$) и e (или K).

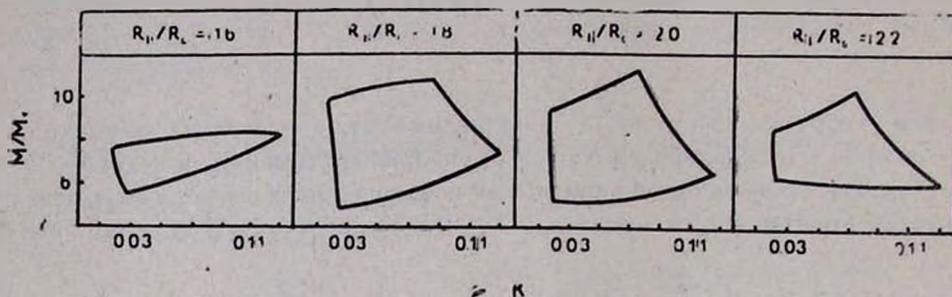


Рис. 3. Зависимость полной массы системы от начального вириального коэффициента.

На рис. 3 показана зависимость полной массы системы M , в единицах звездной массы M_{\odot} , от начального вириального коэффициента K при различных значениях параметра R_i . Каждая из областей включает в себя значения массы, удовлетворяющие всем основным наблюдательным данным: современному расстоянию, радиальной и трансверсальной скорости в пределах точности наблюдений при возрасте системы из интервала допустимых его значений. Масса Местной группы оценивается величиной, лежащей в интервале от $1.5 \cdot 10^{12} M_{\odot}$ до $5.1 \cdot 10^{12} M_{\odot}$, которая превышает звездную массу системы примерно в 4—13 раз. При этом основные требования к моделям ограничивают начальное взаимное расстояние R_i ($1.6 \leq R_i/R_0 \leq 2.4$) и значение вириального коэффициента K ($0.01 < K \leq 0.13$). Так как эксцентриситет орбиты e однозначно определяется вириальным коэффициентом K по формуле $e = 1 - 2K$, то и величина e лежит в интервале $0.74 \leq e < 0.98$. Система может иметь минимальную массу, двигаясь из начального расстояния 1.24 Мпк по орбите с эксцентриситетом 0.9, при этом на расстоянии 620 кпк, соответствующем наблюдаемому, ве-

личина радиальной скорости равна 144 км/с, а трансверсальная скорость 86 км/с. Наибольшее значение массы соответствует начальному расстоянию 1.38 Мпк при $e=0.82$. Наблюдаемые значения радиальной и трансверсальной скоростей на расстоянии 760 кпк составляют, соответственно, 96 и 35 км/с.

Рассмотренные модели несколько отличаются от моделей, изученных в работах [8, 9], и других ранних работ Эйнасто и др. Основное различие состоит в том, что авторы предыдущих работ принимали за начало развития системы момент времени, когда основные галактики Местной группы находились в перицентре, тогда как в данной работе в начальный момент времени Галактика и Андромеда находятся в апоцентре их орбит. Этим различием объясняется и различие в определении параметров моделей, в частности, полной массы системы. Оценки полной массы Местной группы несколько ниже в наших моделях по сравнению с результатами работ Линден-Белла и Эйнасто и др.: вместо интервала масс $(3-8) \cdot 10^{12} M_{\odot}$ [2, 3, 8] имеем интервал $(1.5-5.1) \cdot 10^{12} M_{\odot}$.

5. **Заключение.** Сформулируем основные выводы работы.

1. Скрытые массы, превышающие суммарную звездную массу в 4 и более раз, должны, по-видимому, считаться обязательным компонентом Местной группы галактик. Они служат динамической доминантой системы и определяют, в частности, характер относительного движения двух ее главных галактик. Динамическое поведение системы невозможно объяснить без учета скрытых масс.

2. Основные требования к моделям удовлетворяются при значениях начального расстояния $R_1 \leq 2R_0$ и вириального коэффициента $K \leq 0.1$, если скрытые массы сосредоточены в коронах двух основных галактик Местной группы, и при $R_1 \leq 1.5R_0$ и $K \leq 0.07$, если скрытые массы распределяются поровну между общей и индивидуальными коронами.

3. Наличие заметной скрытой массы, распределенной по изотермическому закону в общей короне, делает динамическую эволюцию системы более интенсивной; чем больше количество скрытых масс в системе, тем быстрее происходит ее развитие.

4. Предыстория местной группы, как оказалось существенно зависит от способа распределения скрытых масс. Если скрытые массы сосредоточены, в основном, в индивидуальных коронах этих галактик, то тогда Местная группа представляет собой двойную гипергалактику. В этом случае монотонное сближение обеих гипергалактик происходит, начиная с их исходного состояния, на протяжении всего времени существования Местной группы, т. е. нынешнее сближение двух гипергалактик является пер-

вым за время существования системы. Если же заметная доля скрытой массы (50 % и более) образует общую корону группы, рассматриваемой в этом случае как гипергалактика с двойным ядром, тогда нынешнее сближение двух основных галактик является вторым за время жизни системы. Андромеда и Галактика должны были сначала сближаться в течение первых 6—8 млрд. лет до расстояния 60—200 кпк, затем удаляться друг от друга, а потом снова сближаться до современного их относительного расстояния. В этом втором варианте динамики следует, по-видимому, ожидать, что сближение галактик могло бы породить определенные эффекты, следы которых были бы заметны и в нынешнем состоянии Местной группы. Например, довольно тесное взаимное прохождение галактик в их динамическом прошлом способно создать значительные возмущения как в их внутренней структуре, так и в семействах их галактик-спутников, которые оказались бы, вероятно, разбросанными по большему, чем в действительности, объему. Между тем, каждая из галактик обладает регулярной внутренней структурой, а семейства галактик-спутников являются весьма компактными и к тому же имеют возраст, близкий к возрасту Галактики и Андромеды. Черты регулярности в строении Местной группы специально отмечаются в работе Эйнасто и др. [8]. Эти обстоятельства в совокупности с изложенными выше результатами численного моделирования динамики Местной группы следует, по-видимому, рассматривать как аргумент в пользу индивидуальных корон вокруг основных галактик системы, в которых и сосредоточена главным образом ее скрытая масса.

Мы благодарны Ю. Н. Ефремову, И. Д. Караченцеву и Я. Э. Эйнасто за обсуждения.

Белградского университета, Астрономическая обсерватория
Югославия

Государственный астрономический институт
им. П. К. Штернберга,

Талды-Курганский педагогический институт
им. И. Жансугурова

DYNAMICAL MODELS OF THE LOCAL GROUP
OF GALAXIES

S. NINKOVIĆ, A. CHERNIN, M. SHAKENOV

A set of dynamical models for the Local Group is developed to analyze the amount and possible spatial distribution of dark matter in the system. Comparison with observation data shows that the mass of dark matter is as much as 4 to 13 times of the total stellar masses of the galaxies in the Group; it gives also arguments in favour to individual dark matter coronae of the two major galaxies in the Group — Andromeda and Milky Way—rather than to common dark matter corona of the system as a whole.

ЛИТЕРАТУРА

1. *F. D. Kahn, L. Woltjer*, *Astrophys. J.*, **130**, 705, 1959.
2. *J. Einasto, D. Lynden-Bell*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **199**, 67, 1982.
3. *D. Lynden-Bell*, in „Kinematics, Dynamics, and Structure of the Milky Way”, ed. *W. L. H. Shuter*, 1983, p. 349.
4. *А. С. Шаров*, Туманность Андромеды, Наука, М., 1982.
5. *И. Д. Караченцов*, Двойные галактики, Наука, М., 1987.
6. *В. А. Минева*, *Астрофизика*, **26**, 335, 1987.
7. *G. G. Byrd, M. J. Valtonen*, *Astrophys. J.*, **303**, 523, 1986.
8. *J. Einasto, M. Joeser, E. Saar*, in „Dark Matter in the Universe”, eds. *J. Kormendy, G. B. Knapp*, 1987, p. 243.
9. *S. Ninković*, *Bull. Observ. Astron. Belgrade*, **21**, 1988.
10. *A. Sandage*, *Astrophys. J.*, **307**, 1, 1986.
11. *J. Einasto, J. Jaaniste, M. Joeser, A. Kaastk, P. Kalamees, E. Saar, E. Tago, P. Traat, J. Vennik, A. D. Chernin*, *Tartu Astron. Observ. Teated*, **48**, 3, 1974.
12. *Т. А. Азелян, Ж. П. Аносова*, *Астрон. ж.*, **44**, 1261, 1967.
13. *Г. Н. Дубошин*, *Небесная механика. Основные задачи и методы*, Наука, М., 1968.