

рассмотренные Пейджем пары, составленные спиральными и неправильными галактиками, являются физически двойными галактиками.

С другой стороны, привлекает внимание вывод, что эллиптические и S0-галактики в среднем более чем в 10 раз массивнее спиральных и неправильных. Если это верно, то эллиптические галактики не могут быть эволюционно связаны со спиральными и неправильными, так как в ходе эволюции масса галактики не может увеличиться или уменьшиться в 10 раз. Она остается в ходе эволюции практически неизменной.

Тройные звезды и тройные галактики

Если движутся одна относительно другой две звезды и известны в какой-то момент времени их положения и скорости, то теория позволяет предсказать положение и скорость каждой из звезд в любой момент времени и как угодно точно. Задача двух тел имеет общее решение. Известно, что в двойных системах орбитами компонентов могут быть только эллипсы, параболы и гиперболы.

Но как только от двух тел мы переходим к трем телам, задача в огромной степени усложняется. Существует, правда, общее решение задачи, полученное в 1912 г. финским математиком Зундманом, дающее зависимость положений трех точечных тел от времени в виде бесконечных рядов. Но это один из тех редких случаев, когда ценный теоретический результат оказывается неприменимым на практике, так как использование его требует чрезмерно больших усилий. Как показал французский математик Белорицкий, для получения положений в задаче трех тел с той точностью, с какой в настоящее время обычно определяют положения планет, в рядах Зундмана необходимо брать сумму не менее $10^{8000000}$ членов — число, находящееся не только за пределами практики, но и недоступное нашему воображению. Для сравнения укажем, что полное число атомов во всей той области Вселенной, которая достижима современной астрономии (до расстояния 3000 Мпс), оценивается в $10^{75} - 10^{76}$.

Другой, на первый взгляд малопривлекательный путь исследования, называемый численным методом, состоит в том, что выбирают какие-то начальные положения и скорости трех тел и затем, шаг за шагом, вычисляют положения и скорости этих тел через равные малые проме-

жутки времени Δt . При этом учитывают, что положения тел через время Δt изменятся в соответствии с их скоростями, а значения скоростей тел через время Δt изменятся в соответствии с их ускорениями, вызываемыми взаимным тяготением. Ускорения легко вычислить, если известно взаимное положение тел.

Численный метод исследования задачи трех тел не мог быть до сих пор успешно использован главным образом вследствие его большой трудоемкости. Вычисление шаг за шагом траекторий и скоростей точечных тел требует при ручном счете огромной работы. Существенно то, что этот метод приближенный, так как при его применении принимается, что в течение малого промежутка времени точечные тела движутся по прямым, а ускорения и скорости постоянны и изменяются скачком лишь в самом конце промежутка времени Δt . Для повышения точности необходимо уменьшать в вычислениях промежутки времени Δt . Но уменьшение Δt , очевидно, сильно увеличивает объем работы.

Кроме того, если рассмотреть один какой-то пример начальных условий и получить путем численного метода картину движений в этом примере, то это еще очень малая информация о динамике трех тел: ведь примеров начальных условий бесчисленное множество и у каждого свои особенности. Только рассмотрев большое число примеров и позаботившись о том, чтобы эта совокупность примеров была представительной, т. е. чтобы она достаточно правильно выражала основные свойства бесконечного множества возможных примеров начальных условий, можно вынести общие суждения о динамике точечных масс в задаче трех тел.

До изобретения электронно-вычислительных машин выполнение работы такого объема было совершенно невысказанным делом. Теперь же использование быстродействующих ЭВМ делает применение численных методов для решения проблем космогонии, связанных с задачей трех тел, вполне возможным и эффективным. При этом особое внимание нужно уделять разработке способа получения представительной совокупности примеров начальных условий. Метод разработки такой совокупности примеров и ее использования в численных исследованиях называется в математике методом Монте-Карло.

Тройные системы весьма распространены среди звезд Галактики. В последнем каталоге IDS двойных и кратных

звезд (близких к Солнцу) их число равно 4160. Одной из тройных звезд, например, является ближайшая к нам звезда α Центавра.

Среди конфигураций тройных систем целесообразно различать два типа. В первом случае взаимное расположение звезд такое, как на рис. 116: две звезды близки друг к другу, а третья отдалена. Во втором случае (рис. 117) все три расстояния между звездами сравнимы между собой.

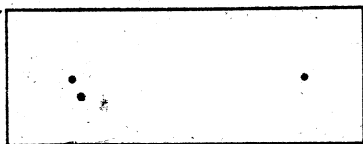


Рис. 116. Конфигурация типа I тройной системы. Система, имеющая такую конфигурацию, может быть устойчивой.

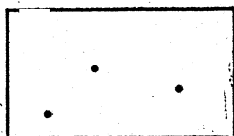


Рис. 117. Конфигурация типа II тройной системы. Система, имеющая такую конфигурацию, неустойчива.

При конфигурации типа I возможна следующая динамика системы: в тесной паре звезды движутся одна вокруг другой, как в двойной звезде, а третья звезда в свою очередь движется вокруг тесной пары, как если бы эта пара была одной звездой. Все движения звезд тогда будут почти эллиптическими. Небольшое отличие от эллипса у орбиты тесной пары будет вызываться влиянием отдаленной звезды, а у орбиты отдаленной звезды тем, что она обращается около пары звезд, а не около одиночной звезды. При таком характере движений тройная система устойчива, она сохраняется сколь угодно долго, распадается никогда не будет, если не произойдет вмешательства посторонних сил.

При конфигурации типа II (см. рис. 117) орбиты, близкие к эллиптическим, в тройной системе невозможны (за исключением некоторых особых и очень редких случаев). Движения должны быть лишены свойств периодичности, траектории очень сложны.

Можно предвидеть, что подобного рода сложные движения должны завершаться распадом тройной системы. Времени от времени звезды в ней тесно сближаются и сильно взаимодействуют между собой. При сильном взаимодействии происходит значительный обмен энергиями,

в результате чего скорость одной из звезд может резко возрасти и превысить критическую скорость. Эта звезда покинет систему, а две оставшиеся образуют двойную звезду, которая сама по себе, без вмешательства извне, уже не распадется.

Предвидя распад тройных систем, имеющих конфигурацию типа II, В. А. Амбарцумян отмечал, что если среднее время распада не велико, то из этого следует вывод о сравнительной молодости таких наблюдаемых тройных систем, раз они еще не успели распасться. Более того, если тройные звезды с конфигурациями типа II наблюдаются в каких-нибудь более обширных системах, например, в звездных ассоциациях или рассеянных скоплениях, то имеются основания считать, что молоды и эти более обширные образования.

Но действительно ли неизбежен распад тройных систем с конфигурацией типа II? Доказательств этому не существовало. И если распад неизбежен, то как скоро он происходит?

Для решения поставленных вопросов Ж. П. Аносова применила метод Монте-Карло.

Было получено 200 случайных начальных условий невращающейся тройной системы и были приняты меры, чтобы эта совокупность начальных условий являлась представительной выборкой всего бесконечного множества начальных условий для невращающихся тройных систем. Для каждого из 200 начальных условий при помощи ЭВМ численно решались уравнения движения. Определялись траектории звезд, а также положения и скорости звезд в каждый момент времени.

Во всех двухстах сосчитанных случаях движения звезд завершились распадом системы. Каждый раз распад происходил после тесного тройного сближения. Тесные сближения двух звезд при отдаленности третьей, происходящие чаще, чем тесные тройные сближения, ни разу не привели к распаду системы.

На рис. 118, *а, б, в, г* последовательно показано, как в одном из вычисленных случаев протекали движения звезд от начального момента до распада тройной системы. Траектория звезды *А* проведена сплошной линией, *В* — прерывистой линией с длинными штрихами и *С* — прерывистой линией с короткими штрихами. Начало координат помещено в центр инерции системы. В начальный момент (рис. 118, *а*) звезды были неподвижны и

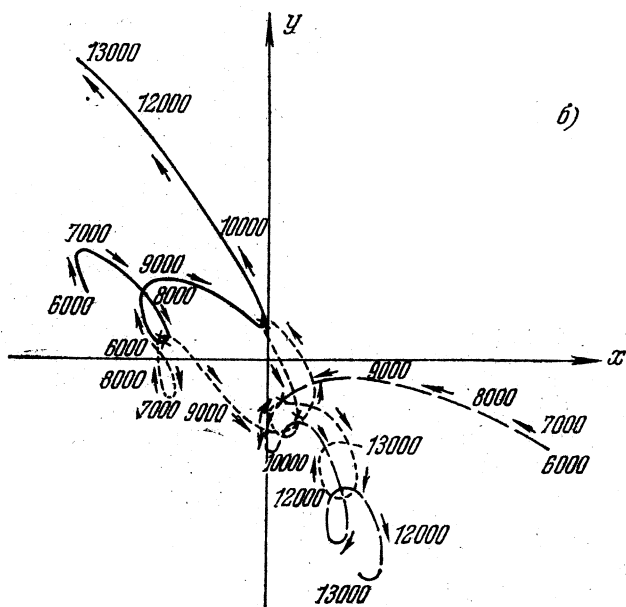
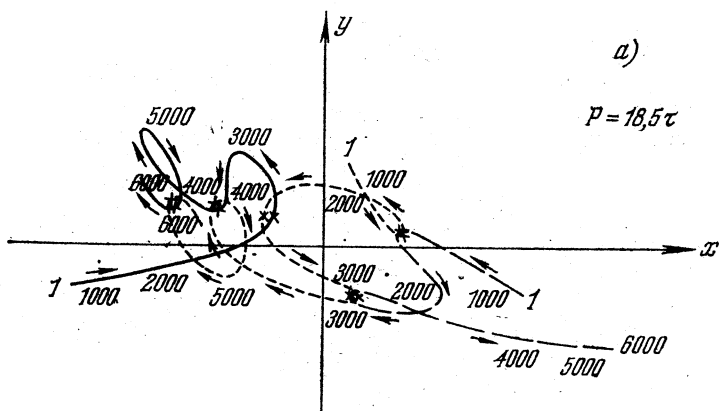
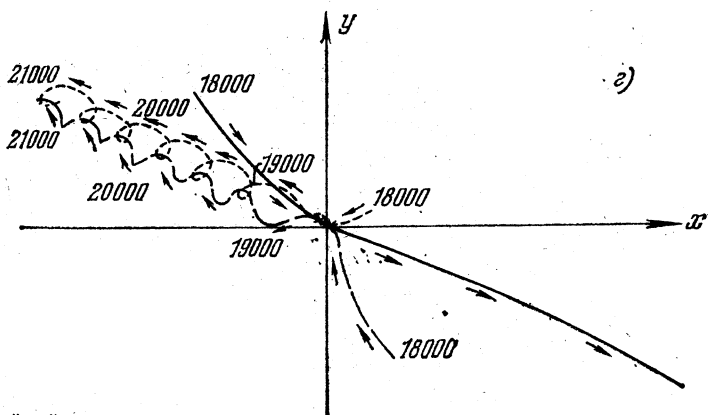
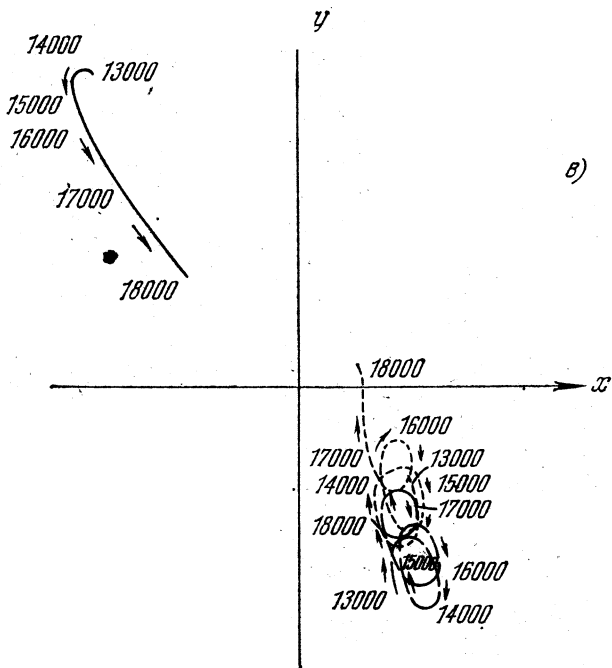


Рис. 118. Распад



тройной системы.

находились в точках, помеченных цифрами 1. Под действием взаимного притяжения они начали двигаться. Так как звезды *B* и *C* были ближе друг к другу и, следовательно, их взаимное притяжение было сильнее, чем взаимодействие со звездой *A*, то эти две звезды стали двигаться почти точно одна навстречу другой и в первое время скорость их возрастала быстрее, чем у звезды *A*, которая тоже начала двигаться в направлении звезд *B* и *C*. Числами 1000 обозначены положения звезд через 1000 единиц времени Δt , употребленного в вычислениях. После этого движения звезд навстречу друг другу продолжали ускоряться, и раньше, чем прошло время $2000 \Delta t$, состоялось тесное сближение звезд *B* и *C*. Если бы не влияние звезды *A*, то произошло бы столкновение звезд *B* и *C*. Но тут они, набрав скорость, прошли в тесной близости, обогнули друг друга и разошлись. После этого, как показывает рисунок 118, *a*, звезда *B* сблизилась со звездой *A*, а затем около момента $3000 \Delta t$ снова со звездой *C*. В результате этого последнего сближения звезда *C*, набрав скорость, стала отдаляться от двух других, образовавших временно двойную систему. Однако скорость удаления звезды *C* была недостаточно велика, чтобы покинуть систему, под влиянием притяжения двух других звезд она после момента $6000 \Delta t$ повернула обратно и стала снова приближаться к ним (рис. 118, *b*). Состоялось еще несколько двойных сближений и после того сближения, которое около момента $9500 \Delta t$ произошло между звездами *A* и *C*, теперь уже звезда *A* стала удаляться от двух других звезд. Но и в этом случае распад не произошел. Звезда *A* через некоторое время повернула и стала возвращаться обратно (рис. 118, *в*). Навстречу к ней с двух сторон двинулись звезды *B* и *C*. И вот тогда (рис. 118, *г*) произошло тесное тройное сближение (оно, разумеется, произошло около начала координат, центра инерции). Мы видим, что в результате сильного тройного взаимодействия звезда *A* на большой скорости устремилась прочь от центра инерции и так же в противоположную сторону устремились, образовав двойную, звезды *B* и *C*. Произошел распад тройной системы.

Резонно моментом распада считать то мгновение, когда в ходе тройного сближения, вызвавшего распад, звезды окажутся ближе всего друг к другу и периметр треугольника, образованного звездами, окажется минимальным. В этот момент звезды сильно взаимодействовали

между собой, произошло перераспределение энергий, вызвавшее распад.

Для измерения срока, проходящего от начала движения до момента распада, важно правильно выбрать характерную физическую единицу времени. Такой единицей является среднее время τ пересечения звездной системы, т. е. время, необходимое, чтобы звезда, если бы она двигалась со средней скоростью, пересекла средний размер системы.

Единица времени τ определяется равенством

$$\tau = \frac{a^{3/2}}{\sqrt{GM}},$$

где G — постоянная тяготения, M — масса звезды, a — средний размер системы, равный приблизительно среднему расстоянию между компонентами тройной звезды.

Выбранная единица времени τ обладает тем важным свойством, что срок от начала движения до распада, выраженный в этих единицах, не зависит от размеров системы и масс тел. Поэтому результаты одинаково приложимы и к тройным звездам любых масс, и к тройным галактикам, и к системам, состоящим, например, из трех пылинок.

Для каждого из двухсот случайных начальных условий было найдено время распада, выраженное в единицах времени τ .

Разумеется, они получились различными для разных начальных условий. Средняя величина времени распада оказалась равной

$$\bar{T} = 95,4\tau.$$

Оценим среднее время распада реальных тройных систем.

Если, например, тройная система с конфигурацией типа II (см. рис. 117) состоит из звезд, подобных Солнцу ($M = 2 \cdot 10^{33}$ г), и эта система сравнительно широкая, $a = 5000$ астрономических единиц $= 7,5 \cdot 10^{16}$ см, то согласно (40), учитывая, что $G = 6,67 \cdot 10^{-8}$, получаем

$$\tau = 1,88 \cdot 10^{12} \text{ с} = 5,6 \cdot 10^4 \text{ лет}$$

и, следовательно, среднее время распада

$$\bar{T} = 95,4\tau = 5,4 \cdot 10^6 \text{ лет.}$$

Примерно таков же или немного больше средний период распада у тройных звезд с конфигурацией типа II, встречающихся в звездных ассоциациях. Компоненты здесь — звезды горячие гиганты — имеют массы примерно в 10 раз больше массы Солнца, но зато и средние расстояния между звездами больше, составляя несколько десятков тысяч астрономических единиц.

Мы видим, что даже широкие тройные системы с конфигурациями типа II сравнительно недолговечны и должны в среднем распасться за время около 10 млн. лет. Поэтому предположение о молодости наблюдаемых тройных систем этого типа было правильным.

Если бы тройные системы звезд с конфигурациями типа II были тесными, если бы их средний размер был порядка расстояний между компонентами спектроскопических или фотометрических двойных, т. е. a не превосходило бы астрономической единицы, то τ было бы меньше полугода, а среднее время распада — меньше 50 лет. Теперь понятно, почему не существует ни одной спектроскопической или фотометрической тройной. Они крайне недолговечны.

Иное дело тройные галактики. Если массы галактик равны 10^{11} г, а средний размер тройной системы галактик $= 100$ кпс $\approx 3 \cdot 10^{23}$ см, то $\tau = 2 \cdot 10^9$ лет, а $\bar{T} = 2 \cdot 10^{11}$ лет. Мы видим, что космогонические сроки недостаточны для распада тройных систем галактик. Это утверждение верно, если скорости всех трех галактик в начальный момент меньше критической скорости. Если же галактики в тройной системе образовались в результате взрывного процесса, сообщившего им с самого начала большие скорости, то тройная система распадется быстро. Но это уже иная механическая и космогоническая задача.

Первоначально методом Монте-Карло было исследованы тройные системы со звездами одинаковых масс. Затем тот же метод был применен к системам со звездами различных масс. Были рассмотрены три случая отношения масс: 9:3:1, 3:3:1 и 3:1:1. Для каждого из них численное решение уравнений движения было выполнено при 100 случайных начальных конфигурациях.

Во всех 300 решенных примерах движения в системах завершились распадом. Как оказалось, распад тройных систем с существенно неравными массами звезд происходит примерно в три раза быстрее, чем в случае равных звездных масс. При отношении масс звезд 9:3:1 среднее

время распада \bar{T} получилось равным 26,8 τ , при отношении масс 3:3:1 $\bar{T} = 27,4\tau$ и при отношении масс 3:1:1 $\bar{T} = 29,2\tau$. Этот вывод можно было предвидеть. В самом деле, звезды малых масс при взаимодействии со звездами больших масс особенно сильно изменяют скорость и для них достижение критической скорости при таком взаимодействии более вероятно. В ста сосчитанных случаях распада систем с отношением масс звезд 9:3:1 в 90 случаях из системы ушла звезда с массой 1, в 10 случаях звезда с массой 3 и ни разу не зарегистрирован уход звезды с массой 9. В системах 3:3:1 уход звезды с массой 1 случился 94 раза, а звезды с массами 3 — только шесть раз. В системах 3:1:1 легкие звезды удалялись соответственно 52 и 48 раз, а массивная звезда не удалась ни разу.

В природе системы с телами одинаковых масс составляют исключение. Как правило, массы звезд и галактик в тройных системах существенно различны. Поэтому приведенные выше оценки времени распада тройных звезд и тройных галактик нужно примерно в три раза уменьшить.

С другой стороны, как выяснилось, наличие вращения в тройной системе значительно увеличивает среднее время распада. Для 100 случайных начальных конфигураций при равных массах звезд и наличии некоторого вращательного движения время распада оказалось равным $\bar{T} = 170\tau$, т. е. более чем в 1,8 раза превосходящим среднее время распада невращающихся систем.

Вращение системы препятствует распаду потому, что оно препятствует сближению тел системы. В особенности редко должны случаться тесные тройные сближения, которые, как правило, и вызывают распад.

Вращение вообще делает устойчивыми системы n тел. Наша Солнечная система не распадается именно из-за вращения. Энергия вращения Солнечной системы почти равна величине ее полной механической энергии.

В. А. Амбарцумян обратил внимание на значение типа конфигурации тройных и кратных систем. Исследовав каталог двойных и кратных звезд Айткена, он установил, что из имеющихся в каталоге 1076 тройных звезд 897 имеют конфигурацию типа I и 179 конфигурацию типа II. Таким образом, среди тройных звезд конфигурации типа II составляют 16,5%. При этом оказалось, что среди тройных звезд, у которых хотя бы один из компонентов

является горячим гигантом спектрального класса O или B, 39% имеют конфигурацию II, свидетельствующую о неустойчивости. В то же время среди тройных звезд, не имеющих в своем составе горячих гигантов, лишь 12% имеют конфигурацию типа II. Эти соотношения весьма знаменательны. Они указывают на то, что присутствие горячих гигантов классов O и B является в какой-то мере признаком неустойчивости, а неустойчивость есть всегда признак молодости того состояния, которое наблюдается. Раз тройная система, имеющая конфигурацию типа II, должна скоро распасться, то она и в прошлом не могла долго существовать, иначе она бы уже распалась. Если, наконец, мы предположим, и это разумно, что тройная система образовалась тогда, когда сформировались в ней сами звезды, то должны рассматривать наличие большого числа конфигураций типа II среди тройных звезд, содержащих горячие гиганты, как аргумент в пользу молодости самих звезд горячих гигантов. Согласно нашей оценке их возраст должен быть порядка 5 млн. лет.

В цепи приведенных рассуждений имеется незамеченная нами пока особенность, которая может повлиять на сделанные выводы. На рис. 116 и 117 предполагается, что плоскость, проходящая через три звезды, и плоскость рисунка совпадают. Между тем мы рассматриваем тройные системы всегда в проекции. Тогда, как нетрудно представить, конфигурация типа I может быть так спроектирована на картинную плоскость, что будет выглядеть как конфигурация типа II, и наоборот, конфигурация типа II может спроектироваться в конфигурацию типа I. Значит, нужно различать видимые и истинные конфигурации. Если большое число треугольных линеек различной формы развесить на нитках, то вследствие проекции форма каждого треугольника представится иной, мы будем наблюдать распределение видимых форм треугольников, а не распределение их истинных форм. Так как нас всегда интересует не то, что кажется, а то, что есть, нужно как-то суметь перейти от распределения видимых конфигураций тройных звезд к распределению их истинных конфигураций. Это такая же по смыслу задача, как и рассмотренная в гл. III задача нахождения распределения истинных сжатий эллиптических галактик по наблюдаемому распределению видимых сжатий. Как и в той задаче, для решения нужно сделать естественное предпо-

ложение, что плоскости треугольников в пространстве не имеют преимущественного направления, т. е. все возможные ориентации плоскостей равновероятны. На основе этого разработан математический метод, позволяющий перейти от видимого распределения к истинному. Он показал, что среди тройных звезд содержащих горячие гиганты, при переходе от видимых конфигураций к истинным доля конфигураций типа II сохраняется практически неизменной. У тройных звезд без горячих гигантов доля конфигураций II типа при переходе к истинным конфигурациям заметно уменьшается.

Значит, основанный на соображениях звездной динамики аргумент в пользу молодости звезд — горячих гигантов полностью сохранился.

Имеются и астрофизические доводы в пользу молодости звезд-гигантов спектральных классов O и B. Эти звезды очень мощно излучают в пространство. Расход энергии через излучение у них происходит в тысячи и даже десятки тысяч раз быстрее, чем у Солнца. Можно подсчитать, что за счет ядерных реакций, поддерживающих излучение звезд, такой интенсивный расход энергии может продолжаться только миллионы, но никак не миллиарды лет. Значит, опять-таки пребывание в состоянии горячего гиганта не может быть долгим. Это снова аргумент в пользу молодости.

Чрезвычайно ценно, чтобы выводы относительно эволюции звезд делались не на основании какого-нибудь одного способа исследования, а были результатом подтверждающих друг друга заключений, сделанных различными способами. Как криминалист сопоставляет различные вещественные доказательства и свидетельские показания, затем строит правдоподобную версию происшествия, но после этого вновь и вновь ищет неиспользованные аргументы, подтверждающие созданную версию, так и астроном, придя к каким-нибудь космогоническим выводам, должен находить новые аргументы, особенно ценя те, которые основаны на иных, не использованных ранее наблюдательных данных и методе. В этом отношении очень важную роль играет сопоставление результатов, полученных методами астрофизики и звездной динамики, поскольку и методы, и наблюдательные данные здесь совершенно различны.

Исследования, выполненные Ж. П. Аносовой и автором, показывают, что, по-видимому, можно пойти еще

далее в интерпретации распределений конфигураций тройных звезд. Обратим внимание читателя на то, что когда объяснялась конфигурация типа I, то указывалось, что такая конфигурация может быть устойчивой, в то время как конфигурация II должна привести к распаду. Но конфигурация I может быть и неустойчивой. Она устойчива в том случае, если тесные компоненты движутся по не очень вытянутому эллипсу друг около друга, а отдаленный компонент движется по не очень вытянутому эллипсу около тесной пары. Для устойчивости важно, чтобы отдаленный компонент не сблизился ни с одним из других компонентов, иначе конфигурация типа I превратится в конфигурацию типа II и устойчивости не будет.

Легко понять, что неустойчивые тройные системы могут временно принять конфигурацию типа I. В результате взаимодействий звезд в конфигурации типа II время от времени одна из звезд приобретает скорость относительно центра инерции большую, чем две другие. Если набранная скорость меньше критической, то этот компонент, преодолевая притяжение двух других компонентов, удалится на некоторое расстояние. Кинетическая энергия окажется израсходованной, звезда остановится, а затем притяжение двух других компонентов заставит ее двигаться обратно к ним. Таким образом, неустойчивые системы должны попеременно принимать то конфигурацию типа I, то конфигурацию типа II. Расчет показывает, что если иметь большое число неустойчивых тройных систем, то в каждый момент приблизительно 86% из них будут принимать конфигурацию типа I, а 14% — конфигурацию типа II. Как раз примерно такое соотношение типов конфигураций наблюдается у тройных звезд, не содержащих горячих гигантов. Поэтому можно сказать, что наблюдения согласуются с предположением, что все тройные системы, не содержащие горячих гигантов, — неустойчивые системы.

Значит, повторяя сделанные ранее заключения, мы должны прийти к выводу, что даже в тройных системах без горячих гигантов все звезды — молодые, с возрастом, оцениваемым лишь миллионами лет.

Что же такое тогда тройные системы, содержащие горячие гиганты? Ведь в них процент конфигураций типа II даже выше значения, которое устанавливается в неустойчивых тройных системах после того, как компоненты

системы успеют, сходясь и расходясь, в достаточной степени провзаимодействовать друг с другом.

Ответ должен быть простым. Эти системы настолько молоды, что в них компоненты не успели в достаточной степени провзаимодействовать друг с другом, вследствие чего еще не успело образоваться достаточного числа конфигураций типа I. Иначе говоря, конфигурации тройных звезд, содержащих горячие гиганты, еще мало ушли от тех конфигураций, которые системы получили в момент своего формирования. Поэтому если возрасты тройных систем, не содержащих горячие гиганты, мы оценили миллионами лет, то возрасты тройных систем, содержащих горячие гиганты, еще меньше, и должны оцениваться лишь сотнями тысяч лет.

Как и звезды, галактики наряду с двойными образуют и иные кратные системы. Все рассуждения об устойчивости тройных систем, проведенные для звезд, приблизительно верны и для галактик. Не точно, а приблизительно, потому что в тройных системах галактик расстояния между центрами галактик не намного больше их диаметров и мы не можем больше галактики считать точечными массами. Взаимодействия петочечных масс сложнее — появляются приливные силы, влияющие на общее движение галактик. Но все-таки приведенные выше рассуждения приблизительно верны и для тройных галактик. Поэтому обратимся к их статистике.

В каталоге Хольмберга тройных галактик 97. Из них 24 имеют конфигурацию типа I и 76 конфигурацию типа II. На эти соотношения должно было повлиять то, что при отборе Хольмберг применял критерий, состоящий в том, что физически тройной галактикой считалась такая система, у которой расстояние между центрами компонентов не больше чем вдвое превосходит сумму диаметров компонентов.

В. А. Амбарцумян исследовал влияние принятого Хольмбергом критерия и пришел к выводу, что на самом деле среди тройных галактик конфигурации типа II составляют около 50%. Значит, на основании всего сказанного для тройных звезд, мы должны прийти к выводу, что все системы тройных галактик неустойчивы и притом в этих неустойчивых системах компоненты еще не успели, сходясь и расходясь, провзаимодействовать между собой. Однако для тройных галактик это не приводит к таким молодым возрастам, как для звезд. В тройных га-

лактиках расстояния между компонентами огромны, порядка 50—100 кпс, а скорости компонентов, если они меньше критических, должны быть порядка 100 км/с, поэтому время, необходимое компоненту для того, чтобы пройти расстояние, отделяющее его от другого компонента, должно составлять несколько сотен миллионов лет. Следовательно, нужно полагать, что возраст галактик, входящих в состав тройных систем, не превышает нескольких сотен миллионов лет.

Тесные группы галактик

Новый и неожиданный поворот в вопросе динамической устойчивости системы галактик произошел в последние годы, когда стали изучать так называемые тесные группы галактик. Это название было дано кратным галактикам, содержащим от трех до 6—7 членов и примечательных тем, что компоненты группы располагаются друг к другу очень близко, почти касаясь. Диаметр всей группы бывает обычно 30—50 кпс. При таком тесном расположении приблизительно одинаковых по величине галактик очень маловероятно, чтобы какой-нибудь член группы был оптическим, т. е. не входил в состав группы, а проектировался на нее, располагаясь ближе группы или дальше нее.

Первым обратившим внимание на значение тесных групп галактик для выяснения вопроса динамической устойчивости систем галактик был В. А. Амбарцумян, пришедший в 1958 г. к выводу, что здесь имеются серьезные свидетельства о неустойчивости. Подробно исследовали тесные группы американские астрономы супруги Е. М. и Г. Р. Бербиджи. В их списке 1961 г. содержится девять тесных групп галактик.

Об устойчивости можно судить, сравнивая лучевые скорости членов группы. Вот, например, данные о так называемом квинтете Стефана. Эта красивая группа, изображенная на рис. 119, состоит из двух эллиптических и трех спиральных галактик. До 1961 г. были измерены лучевые скорости четырех галактик из пяти. Вот они:

NGC 7317 + 7015 км/с

NGC 7318a + 6916 »

NGC 7318b + 5916 »

NGC 7319 + 6935 »