

Особый интерес представляет тройная тесная группа, у которой лучевые скорости компонентов следующие:

IC 3481 + 7011 км/с

Безымянная + 7229 »

IC 3483 + 33 »

IC 3483 «выстреливается из тройки со скоростью около 7000 км/с. В этой тесной группе очень важным обстоятельством является то, что галактика IC 3481 явно связана светящимся мостом с галактикой безымянной, которая в свою очередь связана светящейся дугой со спиральной галактикой IC 3483. Следовательно, все три компонента взаимодействуют и предположение, что IC 3483 очень близка к нам и случайно проектируется на пару других далеких галактик, следует отклонить.

Исследование еще семи тесных групп показывает, что четыре из них следует считать распадающимися, разлетающимися системами, а остальные три группы, по-видимому, устойчивы. Но неправильно было бы считать, что разваливающиеся группы подкрепляют одну гипотезу, а устойчивые группы другую, так сказать, на равных правах. Если галактики формируются из диффузной материи в результате спокойного процесса конденсации, то не должно быть ни одной группы с разлетающимися галактиками. С другой стороны, кажется странным, чтобы при формировании тесной группы галактик в результате бурного взрывного процесса несколько членов группы получали очень малые друг относительно друга скорости и только одна галактика «выстреливалась» из группы. Выполненные в последнее время оценки расстояний галактик в рассмотренных группах укрепляют предположение, что наблюдаемое явление вызвано случайным проектированием галактик, не принадлежащих тесной группе, на тесную группу.

Устойчивость скоплений галактик

Неожиданные результаты, полученные для тесных групп, заставляют сразу поставить вопрос: а устойчивы ли скопления галактик?

Ни в одном скоплении галактик не известны лучевые скорости всех членов. Однако приближенное значение кинетической энергии скопления можно получить, если измерены лучевые скорости хотя бы части членов скоп-

ления и сосчитано общее число членов скопления N . В самом деле, известным уже нам способом можно определить сумму кинетических энергий n членов, для которых измерены лучевые скорости, а затем, умножив эту сумму на N/n , получить кинетическую энергию всего скопления. При этом мы поступим так же, как издатель, желающий узнать число печатных знаков в книге, подсчитывающий для этого число знаков на странице и умножающий затем результат на число страниц в книге.

Чтобы вычислить потенциальную энергию скопления, нужно просуммировать взаимную потенциальную энергию всех пар, какие только можно мысленно составить из всех галактик скопления. Число таких пар равно

$$\frac{1}{2} N(N - 1). \quad (50)$$

Это выражение, как легко понять, равно, например, числу всех рукопожатий, которыми обмениваются N собравшихся знакомых, если каждый пожимет руку каждому.

Потенциальная энергия одной пары галактик равна

$$\frac{GM_1 M_2}{r}. \quad (51)$$

Чтобы ее вычислить для каждой пары, нужно знать и массы галактик и расстояние, их разделяющее. Но мы можем определить только проекцию расстояния, а не само расстояние, которое для каждой пары в отдельности нам неизвестно. Поэтому для вычисления потенциальной энергии скопления нужно применить статистический метод. Можно математически вычислить, что среднее значение величины $1/r$, обратной расстоянию между двумя точками в однородном шаре, равно $\frac{6}{5R}$, где R — радиус шара. Поэтому если использовать это среднее и принять массы всех галактик в скоплении одинаковыми, то потенциальная энергия скопления определится выражением

$$\frac{3N(N - 1)GM^2}{5R}. \quad (52)$$

Значение этого выражения для каждого скопления галактик нетрудно подсчитать.

Вычисления показали, что во всех скоплениях галактик кинетическая энергия больше потенциальной, следовательно, нужно сделать вывод, что все скопления неустойчивы, что они разваливаются. Для некоторых скопле-

ий галактик, таких, как скопление в Волосах Вероники или Северной Короне, этот вывод кажется неправдоподобным. Правильная сферическая форма этих скоплений, постоянное уплотнение галактик по мере приближения к центру скопления, концентрирование более ярких галактик к центру скопления — все это явно свидетельствует о противоположном: об устойчивости, равновесии. Объяснение может быть найдено, если предположить, что в сферических скоплениях галактик имеются значительные массы невидимой материи, например, пыли и газа или дозвездного вещества. Их присутствие увеличит потенциальную энергию скопления и сделает его устойчивым.

Что касается неправильных скоплений галактик, таких, как скопления в Деве или в Печи, то их неустойчивость, распад не вызывает сомнений. Превышение кинетической энергии над потенциальной в них особенно значительно. А строение этих скоплений, напоминающее о хаосе, само подсказывает мысль об их неустойчивости.

Нужно сказать, что неустойчивость и распад не означают обязательно полную неустойчивость и полный распад. Если кинетическая энергия скопления больше его потенциальной энергии, то распад, уход из скопления членов неизбежен. Но после того как из скопления уйдут самые быстродвижущиеся галактики, кинетическая энергия скопления уменьшится и может стать меньше потенциальной энергии — будет достигнута устойчивость. Как показал автор этой книги, если закон распределения скоростей галактик в скоплении максвелловский — такой же, как закон распределения скоростей у молекул окружающего нас воздуха, то степень распада скопления следующим образом зависит от отношения потенциальной энергии к кинетической. Если это отношение равно — 0,90, то скопление станет устойчивым после того, как из него уйдут 8% его членов. Если отношение энергий составляет — 0,81, то скопление покинут 41% галактик. Если же отношение энергий составляет — 0,806 или меньше, то состояние устойчивости никогда не будет достигнуто, скопление распадается полностью:

Вырисовывается следующая общая картина образования и развития скоплений галактик. Скопления формируются одновременно с формированием в них галактик. В ходе этого процесса галактики получают значительные скорости. Если при этом образовавшееся скопление недостаточно плотное — такое, как скопления в Деве или в

Печи, и потенциальная энергия его недостаточно велика, то оно окажется неустойчивым и начнет распадаться. Распад может быть полным, но может быть и частичным. Может случиться так, что от огромного скопления останется лишь небольшой устойчивый остаток — горстка членов. Если же образовавшееся скопление плотное — такое, как скопления в Волосах Вероники и в Северной Короне, то потенциальная энергия его велика, больше кинетической, оно устойчиво. В результате движений галактик внутри такого скопления достигается правильная форма скопления и устанавливается некоторый закон плотности числа галактик внутри скопления: плотность тем больше, чем ближе место к центру скопления.

Регулярные и иррегулярные силы в звездных системах

Силовое поле звездной системы создается отдельными материальными точками — звездами, находящимися одна от другой на больших расстояниях. Такое силовое поле имеет сложную структуру и в нем необходимо различать силы двух родов. Каждая является силой тяготения, вызываемой притяжением масс, но свойства их различны.

Посмотрим, какие силы действуют на некоторую звезду, движущуюся в звездной системе. Ее притягивают все остальные звезды системы. Эти силы геометрически складываются в одну силу. Но в той суммарной силе целесообразно рассмотреть две части. Одна часть образована притяжением ближайшей звезды, или двух-трех, нескольких ближайших звезд-соседей, а другая часть вызвана притяжением всех остальных звезд системы. Нетрудно понять, что сила притяжения всех звезд системы, исключая ближайшие, зависит от того, в каком месте звездной системы находится рассматриваемая звезда. Если, например, рассматриваемая звезда находится на некотором расстоянии от центра звездной системы, имеющей сферическую симметрию, то общее притяжение звезд системы, исключая ближайших соседей, составит силу, направленную к центру системы. Зависимость величины этой силы от расстояния рассматриваемой звезды до центра системы будет определяться общим законом распределения звезд в системе. В самом центре сферической системы эта сила будет равна нулю, так как притяжения всех звезд, исключая ближайших соседей, в центре системы уравновеши-