

имеет свою индивидуальную скорость. Наконец, разброс точек вызван и ошибками измерения.

Мы видим, что у NGC 5055 кривая скоростей сначала, близ центра, близка к прямой. Это подтверждает вращение ядра как твердого тела, так как указывает, что линейная скорость вращения пропорциональна расстоянию от центра галактики, а угловая скорость постоянна. Затем кривая отклоняется от прямой, линейные скорости продолжают возрастать, но не так быстро, как получалось бы по прямой. Это означает, что угловая скорость вращения начинает убывать по мере удаления от центра галактики.

За некоторой точкой уменьшение угловой скорости уже не может компенсироваться увеличением расстояния, произведение ωR , а следовательно, и линейная скорость начинают убывать, приближаясь постепенно к нулю.

Для получения наклонных линий в спектре ядра галактики или для построения кривой скоростей по лучевым скоростям отдельных ярких сгустков в теле галактики нет необходимости, чтобы галактика была обращена к нам строго ребром. Угол i между лучом зрения и главной плоскостью галактики может и не равняться нулю, хотя чем он больше, тем вращение определяется менее уверенно. Если этот угол отличен от нуля, то разности лучевых скоростей рассматриваемой точки и центра галактики равны линейной скорости вращения, умноженной на $\cos i$. Поэтому для определения линейной скорости вращения по разности лучевых скоростей нужно последнюю делить на $\cos i$. Значит, нужно еще уметь оценивать угол i наклона главной плоскости галактики к лучу зрения. Это обычно можно делать с точностью до $2-3^\circ$ по фотографии спиральной галактики. Например, для галактики NGC 5055 (см. рис. 74) угол i оценивается в 31° .

Вопрос о направлении вращения спиральных галактик

Уже много лет между астрономами идет дискуссия о том, в каком направлении вращаются спиральные галактики. Вращаются ли они, волоча за собой спиральные ветви, т. е. закручиваясь? Так было бы, например, если бы спиральная галактика NGC 4303 (рис. 75) вращалась по часовой стрелке. Или же они вращаются кон-

цами спиральных ветвей вперед, раскручиваясь? В этом случае NGC 4303 вращалась бы против часовой стрелки.

Но вращение галактики, наблюдаемой в плане, как NGC 4303, обнаружить невозможно. Если же спиральная галактика наблюдается с ребра, то вращение ее легко определяется, но при этом неразличимы спиральные ветви.

Значит, нужно обратиться к спиральным галактикам, наблюдаемым, так сказать, в три четверти, т. е. таким,



Рис. 75. Галактика NGC 4303 типа Sc.

у которых угол i наклона главной плоскости к лучу зрения отличен и от 0° и от 90° и составляет от 15 до 60° . У таких галактик и спиральные ветви можно разглядеть, и измерить лучевые скорости, вызываемые вращением. Однако и в этом случае вопрос о направлении вращения оказывается не простым. Вот, например, галактика NGC 5055 (см. рис. 74). Ее спиральные ветви различимы, они выходят из ядра и затем огибают его против часовой стрелки. Измерение лучевых скоростей показало, что вследствие вращения правая часть этой галактики от нас удаляется, а левая часть приближается. Достаточно ли этих данных, чтобы определить, как вращается NGC 5055 — концами ветвей вперед или назад? Нет, недостаточно. Необходимо еще знать, какая часть галакти-

ки NGC 5055 к нам ближе — верхняя или нижняя. Если ближе к нам верхняя часть, то NGC 5055 вращается концами ветвей вперед, если же ближе нижняя часть, то вращение происходит концами ветвей назад. Но вот это и труднее всего определить; мы не знаем как ориентирована NGC 5055 в пространстве, какая ее сторона к нам ближе, а какая дальше. Единственный шанс определить ориентацию дает располагающаяся в галактике темная материя. Если галактика наблюдается почти

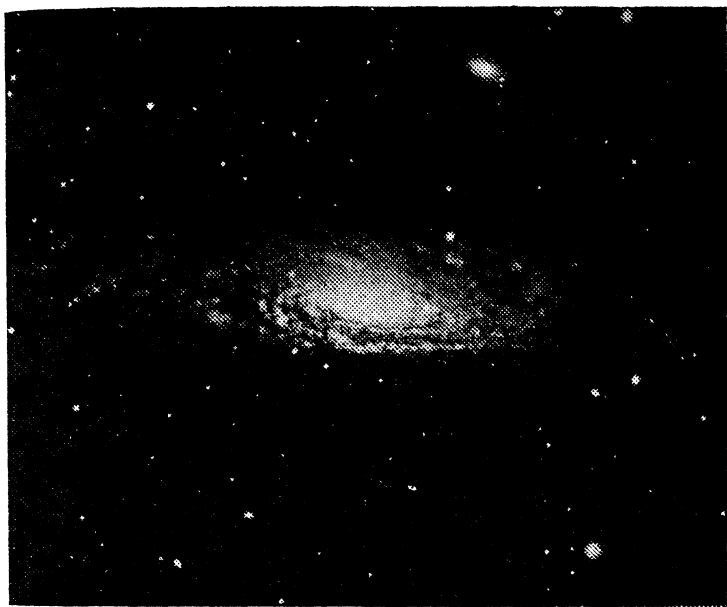


Рис. 76. Галактика NGC 7331, позволяющая определить, что спиральные галактики закручиваются.

с ребра, как, например, NGC 4594 на рис. 71, то темная материя отчетливо указывает, что нижняя на снимке часть плоской составляющей галактики к нам ближе, а верхняя дальше. Но у этой галактики неразличимы спиральные ветви. Если же i больше 30° , то плохо видна темная материя.

Поэтому для решения задачи нужно рассмотреть спиральную галактику с углом наклона главной плоскости к лучу зрения от 15 до 30° и: 1) суметь определить в ней расположение спиральных ветвей, 2) по распреде-

лению темной материи выяснить, какая из сторон галактики к нам ближе, 3) по наклону спектральных линий или по лучевым скоростям ярких сгустков определить, какая часть галактики к нам приближается в результате вращения. Тогда задача решится. Но первые два пункта препятствуют друг другу. Если хорошо видны спиральные ветви, то обычно плохо различима темная материя, и наоборот. Поэтому на примере ряда галактик мнения астрономов расходились. Как сторонники предположения вращения галактик концами назад, так и сторонники противоположной гипотезы находили во внешнем облике этих галактик аргументы в пользу своей точки зрения.

В настоящее время, однако, становится ясным, что наблюдения подтверждают гипотезу закручивания спиральных ветвей при вращении. Найдены галактики, для которых вопрос разрешается достаточно уверенно. Для примера приведем фотографию NGC 7331 (рис. 76), рассмотренную Вокулером. По расположению темной материи видно, что нижняя часть эллипса ближе к нам, а верхняя дальше. Изучение элементов спиральных ветвей, в особенности их концов в правой и левой части рисунка, показывает, что спирали на фотографии направлены против вращения часовой стрелки. Наконец, спектрограмма показывает, что правая на снимке часть галактики вследствие вращения приближается к нам, а левая удаляется. Сопоставление этих данных приводит к выводу о закручивании спиральных ветвей. Галактики вращаются концами ветвей назад.

Определение масс галактик

Вращение галактик дает ключ к определению их масс. В каждой точке галактики центробежная сила, вызываемая вращением, уравнивается центростремительной силой, вызываемой притяжением к центру галактики, а сила притяжения зависит от распределения масс в галактике. Поэтому по ходу кривой лучевых скоростей можно определить, как изменяется плотность материи в галактике и оценивать общую массу галактики.

Это — важное достижение внегалактической астрономии, так как масса звездной системы является одной из ее главнейших характеристик.