



Рис. 72. Галактика NGC 5128 в Центавре.

Обнаружено, что NGC 5128 является довольно сильным источником радиоизлучения, причем большую часть радиоизлучения посылают области, где располагается темная материя. Кроме того, слабое радиоизлучение идет к нам из круга с диаметром около 2° . Область радиоизлучения намного больше области оптического излучения этой удивительной галактики.

Вращение галактик

Невращающаяся звездная система по истечении некоторого времени должна принять форму шара. Такой вывод следует из теоретических исследований. Он подтверждается на примере шаровых скоплений, которые не вращаются и имеют шарообразную форму.

Если же звездная система сплюснута, сжата, то это означает, что она вращается. Следовательно, должны вращаться все спиральные галактики. Должны вращаться и эллиптические галактики, за исключением тех из них,

которые шарообразны, не имеют сжатия. Вращение происходит вокруг оси, которая перпендикулярна к главной плоскости симметрии. Галактика сжата вдоль оси своего вращения.

Как обнаружить вращение галактик? Если галактика наблюдается в плане, ориентирована так, что ось вращения совпадает с лучом зрения, то движения ее частей вследствие вращения направлены перпендикулярно к лучу зрения и мы не способны эти движения уловить, так как собственные движения, ввиду огромного расстояния, исчезающе малы. Если же Галактика наблюдается с ребра — ось вращения лежит в картинной плоскости, то вследствие вращения одна часть диска должна приближаться к нам, а другая удаляться. Это отразится на лучевых скоростях, и таким образом, скорость вращения может быть измерена.

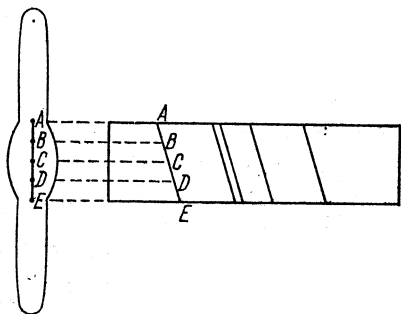


Рис. 73. Наклон линий спектра, вызываемый вращением галактики.

Впервые вращение галактик обнаружил в 1914 г. американский астроном Слайфер. Он направил щель спектрографа вдоль большой оси видимого эллипса галактики (т. е. вдоль линии AE на рис. 73) и снял ее спектр. Обычно линии в спектрах бывают направлены вертикально, а в данном случае они оказались наклоненными, как это показывает правая часть рисунка. Наклон линий вызван тем, что точка A галактики вследствие вращения движется в нашу сторону и имеет меньшую лучевую скорость, чем точка C , соответствующая центру. Поэтому согласно эффекту Доплера в спектре соответствующая точка линии должна быть смещена к фиолетовому концу. Точка B тоже приближается к нам, но медленнее, чем точка A , поэтому она смещена меньше. Точки D и E , расположенные ниже центра, в результате вращения галактики удаляются от нас, поэтому соответствующие им точки на спектральной линии смещены в красную сторону спектра.

Поверхностная яркость галактик недостаточна, чтобы можно было получить линии спектра, простирающиеся

вверх и вниз до самых границ наблюдаемых областей галактик. Линии спектра можно разглядеть только на участке, соответствующем ядру, которое значительно ярче периферийных областей звездной системы. Следовательно, наклон линий указывает лишь на то, что вращается ядро галактики.

Важной особенностью спектра является то, что линии, наклоняясь, остаются прямыми, не изгибаются. Это означает, что смещения точек A , B , D , E на спектральной линии пропорциональны расстояниям соответствующих точек на диске галактики от ее центра. Следовательно, и лучевые скорости, вызываемые вращением, пропорциональны расстояниям от центра диска. Это показывает, что ядро галактики вращается как твердое тело. В самом деле, линейная скорость вращения v , угловая скорость ω и расстояние R до центра вращения связаны равенством

$$v = \omega \cdot R. \quad (13)$$

Поэтому только при вращении, подобном вращению твердого тела, при постоянстве угловой скорости ω , у всех точек линейная скорость вращения пропорциональна расстоянию от центра.

Измеряя углы наклона линий, можно вычислить угловую скорость вращения и период полного оборота для ядер галактик. Это было сделано для ряда звездных систем. Наименьший период оборота — 2,8 млн. лет — оказался у ядра галактики NGC 411 типа S0. На следующем месте по быстроте вращения стоит NGC 2683, тип Sc, период 6,4 млн. лет. Затем идет NGC 3115 (см. рис. 32), тип E7 — 8,8 млн. лет. Медленнее всего вращаются ядра галактик NGC 7640 типа SBc и NGC 4559 типа Sc. Периоды их вращений превосходят 400 млн. лет.

Ядра галактик, как и сами звездные системы, вследствие вращения испытывают сжатие. Сжатие тем больше, чем больше скорость вращения и чем меньше плотность. Зависимость между скоростью вращения, сжатием и плотностью ядра можно использовать для нахождения любой из этих характеристик, если две другие известны. В данном случае оказываются известными сжатие, которое можно измерить непосредственно на снимке, и скорость вращения ядра. Поэтому можно вычислить плотность материи в ядрах галактик. Она оказывается различной в различных галактиках, колеблясь от 10^{-20} до 10^{-22} г/см³. Плотность материи в окрестностях Солнца

составляет приблизительно $2 \cdot 10^{-24}$ г/см³. Значит, в ядрах галактик плотность материи в сотни и тысячи раз выше, чем на периферии звездных систем. По-видимому, и ядро нашей Галактики в сотни, а может быть, и тысячи раз плотнее той области звездной системы, которая окружает Солнце. Но это данные о средней плотности ядер. В центральных областях самих ядер плотность материи, согласно последним данным, еще в сотни и даже тысячи раз выше названных величин.

Итак, ядра галактик вращаются как твердые тела. Для того чтобы определить закон вращения для областей вне ядра, метод наклона спектральных линий применить не удастся, мала поверхностная яркость этих областей. Но был найден другой путь. В спиральных галактиках звезды горячие гиганты и сверхгиганты совместно с водородными облаками образуют яркие сгустки. Используя большие телескопы, можно получать отдельные спектры этих сгустков и, измеряя положения спектральных линий, вычислять лучевую скорость. Иногда в одной галактике можно найти более десятка таких сгустков, расположенных на различных, иногда значительных расстояниях по обе стороны от ядра, и измерить их лучевую скорость.

Рассмотрим, например, фотографию галактики NGC 5055 и график, на котором показаны лучевые скорости различных точек (сгустков) в этой галактике, измеренные Е. М. Бербидж, Г. Р. Бербиджем и К. Х. Прендергастом (рис. 74). По вертикали для наглядности отложены не полные лучевые скорости, а разности между лучевыми скоростями сгустков и лучевой скоростью ядра, так как именно эти разности характеризуют вращение галактики. Как и следовало ожидать, по одну сторону от центра все разности лучевых скоростей положительны, эта сторона в результате вращения движется от нас, а по другую сторону от центра отрицательны, эта сторона, вращаясь, движется к нам. Через полученные точки на графике проведена сглаженная кривая, которая характеризует закон изменения скорости вращения различных областей галактики в зависимости от расстояния до центра и которая поэтому называется кривой скоростей. То, что точки ложатся не точно на кривую, а несколько разбросаны вокруг нее, объясняется, во-первых, тем, что яркие сгустки, лучевая скорость которых определялась, не лежат в картинной плоскости, проходящей через центр

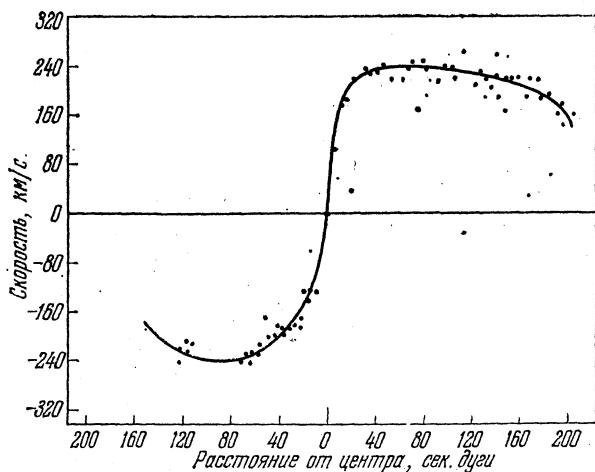


Рис. 74. Кривая скоростей галактики NGC 5055.

галактики, и скорость их вращения около центра галактики составляет различные углы с лучом зрения. Во-вторых, каждый сгусток, кроме скорости общего вращения,

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-