

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.

К сожалению, для эллиптических галактик и карликовых галактик I II нельзя построить кривую скоростей. Эти галактики вращаются медленнее. Кроме того, они составлены из звездного населения II типа, в них нет горячих гигантов, сверхгигантов и водородных облаков, образующих яркие сгустки материи, лучевые скорости которых можно было бы измерить. Поэтому для галактик E и I II пришлось разработать другой метод, менее точный, но все же позволяющий оценивать массы. Он основан на том, что в звездных системах, которые не вращаются или вращаются очень медленно, звезды движутся в одинаковой степени или почти в одинаковой степени по всем направлениям. Так, например, движутся и молекулы окружающего нас воздуха: в каждом маленьком объеме в каждый момент есть молекула, которая движется вертикально вверх, молекула, которая движется вертикально вниз, и молекулы, движущиеся по всем другим направлениям.

В невращающейся звездной системе среднюю скорость звезд можно определить спектральным методом. На какое бы место звездной системы ни была наведена щель спектрографа, в этом месте окажутся и звезды, движущиеся к нам, и звезды, движущиеся от нас, и звезды, движущиеся по всем другим направлениям. У всех этих звезд лучевая скорость по отношению к нам различна, и если бы мы могли получить спектры каждой из этих звезд по отдельности, то вследствие эффекта Доплера смещения линий в спектрах были бы различны. Но спектр галактики — это суммарный, составной спектр всех входящих в нее звезд. Если сложить все спектры с разными из-за разных лучевых скоростей положениями линий, то в составном спектре линии окажутся расширенными. При этом расширение линий будет тем сильнее, чем больше скорости звезд в галактике.

Наблюдения показывают, что спектральные линии в невращающихся или медленно вращающихся звездных системах действительно расширены. Измеряя это расширение, можно определять среднюю скорость звезд в системе.

Между массой невращающейся галактики, ее объемом и средней скоростью движущихся в ней по всем направлениям звезд имеется зависимость. Если при равенстве объемов у одной звездной системы больше масса, то должны быть больше и скорости звезд, иначе под действием

большого притяжения звездная система с большей массой стала бы сжиматься. Зависимость между массой, объемом и средней скоростью звезд исследована теоретически. Поэтому если две из этих трех величин как-то измерены, то, используя зависимость между ними, можно вычислить и третью. Объем галактики E или I II можно получить, измерив ее угловые размеры и определив ее расстояние. Среднюю скорость звезд можно вычислить

Т а б л и ц а 15. Массы галактик

Название галактики	Тип галактики	Масса в миллиардах солнечных масс	Отношение M/L
NGC 3556	I I	14	1,4
Большое Магелланово Облако	I I	13	4
NGC 55	I I	40	6
NGC 3034	I I	15	7,4
NGC 2146	Sc	18	3
NGC 598	Sc	18	11
NGC 5457	Sc	14	13
NGC 157	Sc	60	1,9
NGC 5248	Sc	50	3
NGC 5055	Sc	55	2,8
NGC 2903	Sb	49	4
NGC 3646	Sb	250	3,2
NGC 253	Sb	300	10
NGC 5005	Sb	90	6
NGC 3031	Sb	150	20
NGC 224	Sb	340	16
NGC 3623	Sa	250	15
Система в Скульпторе	I II	0,002	3
Система в Печи	I II	0,02	3
NGC 221	E2	1,8	13
NGC 4111	S0	12	13
NGC 3379	E0	100	12
NGC 3115	E7	110	19
NGC 4486	E0	1000	60

по расширению спектральных линий. Тогда находится и масса галактики.

В табл. 15 приводятся результаты определения масс галактик по кривым скоростей вращения или по расширению спектральных линий. Большая часть этих результатов получена американскими астрономами Бербиджами.

Бросается в глаза чрезвычайно малая масса карликовых галактик I II. У одной из них масса только 2 мил-

лиона, у другой 20 миллионов солнечных масс. Очень мала также масса эллиптического спутника NGC 221 туманности Андромеды. Все остальные галактики в списке некарликовые. Можно заметить, что массы в среднем растут, если переходить от галактик типа II к Sc, а затем к Sb и Sa.

Чемпионом по массивности среди галактик с измеренными массами является эллиптическая галактика NGC 4486 типа E0, т. е. не имеющая видимого сжатия.

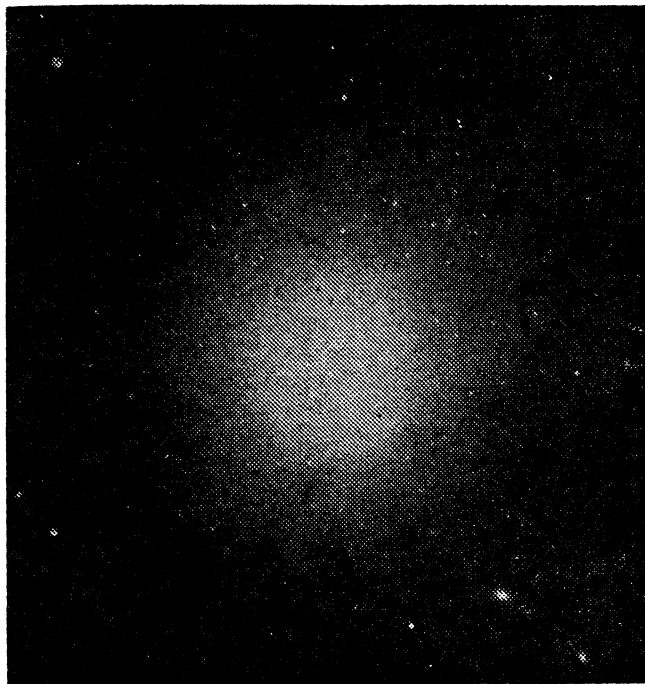


Рис. 77. NGC 4486 — самая массивная из галактик, массы которых измерены.

Ее масса равна тысяче миллиардов масс Солнца. Фотография этой галактики приведена на рис. 77. NGC 4486 замечательна также окружающей ее богатейшей системой шаровых скоплений. И в этом отношении она чемпион среди галактик, так как число этих шаровых скоплений превышает 4000. Многие из них настолько ярки, что отчетливо видны на рис. 77 и представляют вместе с

NGC 4486 грандиозное, захватывающее дух зрелище. Напомним, что в сверхгигантских галактиках — туманности Андромеды и нашей звездной системе — насчитано соответственно около 300 и 132 шаровых скопления.

В последнем столбце табл. 15 даны отношения масс галактик к их светимостям, причем и те и другие выражены в массах и светимостях Солнца. Можно видеть, что M/L сравнительно мало у галактик I I и Sc и велико у Sb и E. Это еще раз подтверждает, что в галактиках II и Sc преобладает первый тип звездного населения, для которого значение M/L , как мы уже указывали в гл. I мало. В галактиках Sb I тип звездного населения представлен менее обильно, а в галактиках E доминирует звездное население II типа. Особенно велико отношение M/L у чемпиона по массе — галактики NGC 4486. Из сравнений величин M и M/L видно, что масса NGC 4486 в три раза больше массы туманности Андромеды (NGC 224), но светимость ее уступает светимости туманности Андромеды.

У эллиптических галактик велики массы и, кроме того, сравнительно малы размеры, объемы. Поэтому их плотности значительно выше плотности спиральных галактик. Недавно Г. Р. Бербидж предложил космогоническое объяснение наблюдаемому отсутствию в эллиптических галактиках представителей звездного населения I типа. Бербидж придерживается гипотезы происхождения звезд из газовой материи и считает, что высокая плотность материи в эллиптических галактиках указывает на то, что они были более плотны и на стадии протогалактики, т. е. до того, как в них начали формироваться звезды. Чем выше плотность материи в протогалактике, тем более дружно и интенсивно происходит в ней звездообразование. Можно считать, что скорость массового звездообразования пропорциональна квадрату плотности материи. Поэтому в эллиптических галактиках практически в самом начале вся газовая материя сконденсировалась в звезды и все звезды успели пройти длительную эволюцию, приведшую их к тому типу, который мы называем звездным населением типа II. Спиральные же галактики на стадии протогалактики имели, как и сейчас, сравнительно низкую плотность, звездообразование в них поэтому происходило медленно и тянется до настоящего времени, вследствие чего мы наблюдаем в них молодые звезды, в том числе горячие гиганты и сверхгиганты.

В этих галактиках осталось ещё некоторое количество газовой материи, которая может служить материалом для дальнейшего звездообразования. Впрочем, как мы уже указывали выше, малое количество газовой материи в Галактике, около 2% общей массы, плохо согласуется с продолжающимся в ней интенсивным звездообразованием. Между тем о последнем свидетельствует большое число горячих гигантов и сверхгигантов.

Вспышки сверхновых звезд в галактиках

Одно из поразительнейших явлений природы — вспышки сверхновых звезд. Это событие крайне редкое в жизни звезд. В Галактике свыше 100 миллиардов звезд, однако за время существования телескопической астрономии в нашей звездной системе не наблюдалось ни одной вспышки сверхновой. Невооруженный глаз человека видел, как сейчас считают, семь вспышек сверхновых, отмеченных в китайских, японских, корейских, арабских и европейских летописях. Их список дан в табл. 16.

Т а б л и ц а 16. Сверхновые звезды

Год	Созвездие	Видимая звездная величина	Галактическая широта
185	Центавр	-8 ^m	0°
393	Скорпион	-1	+2
1006	Волк	-9	+14,5
1054	Телец	-5	-5,8
1181	Кассиопея	0	+2
1572	Кассиопея	-4	+1,4
1604	Змееносец	-2,5	+6,8

Из таблицы видно, что сверхновая 393 года в 100 раз, а сверхновая 185 года в 40 раз в максимуме блеска были ярче Венеры, видимая звездная величина которой в максимуме блеска равна -4^m. Галактические широты вспышек показывают, что все они происходили поблизости от плоскости симметрии Галактики. Моменты вспышек, очевидно, совершенно случайны. В двух случаях промежутки между ними меньше 50 лет, но есть и промежуток в 6 столетий. Последняя вспышка сверхновой в нашей Галактике наблюдалась в 1604 г., за 5 лет до того как Галилей впервые навел телескоп на небо. Неверно было