



VI. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ¹

§ 25. НАША ГАЛАКТИКА

1. Млечный Путь и Галактика²

Практически все объекты, которые видят на небе невооружённым глазом жители средних широт Северного полушария Земли, составляют единую систему небесных тел (главным образом звёзд) — нашу Галактику. Из числа этих объектов в состав Галактики не входит лишь слабо заметное туманное пятно, видимое в созвездии Андромеды и напоминающее по форме пламя свечи, — туманность Андромеды (см. рис. 2 на цветной вклейке XVI).

Характерной деталью звёздного неба является Млечный Путь, в котором уже первые наблюдения с помощью телескопа позволили различить множество слабых звёзд нашей Галактики. Как вы можете сами убедиться в любую ясную безлунную ночь, он простирается через всё небо светлой белесоватой полосой клочковатой формы (рис. 6.1).

Идея о том, что Вселенная имеет «островную» структуру, неоднократно высказывалась в прошлом. Однако лишь в конце XVIII в. Гершель предложил первую модель строения нашей Галактики (рис. 6.2). На основе подсчётов звёзд в различных участках неба он установил, что их число по мере удаления от Млечного Пути резко убывает. По его расчётам, слабые звёзды Млечного Пути вместе с остальными, более яркими образуют единую звёздную систему, напоминающую

¹ Глава доработана к. ф.-м. н. С. В. Пилипенко.

² Термин «галактика» происходит от греческого слова *galaxis*, которое означает «молочный, млечный».



Рис. 6.1. Фотография Млечного Пути

по форме диск конечных размеров, диаметр которого более чем в 4 раза превышает его толщину.

Окончательное «открытие» нашей Галактики связано с обнаружением в 1923 г. в туманности Андромеды нескольких цефеид. Наблюдение цефеид позволило определить расстояние до неё и окончательно убедило учёных, что это не просто туманность, а другая, подобная нашей звёздная система. Название «галактика» было дано всем туманностям, находящимся за пределами нашей Галактики. Согласно современным данным, галактика Андромеды находится от нас на расстоянии немногим более 2 млн св. лет.

Успехи в исследовании нашей Галактики в значительной степени связаны с изучением туманности Андромеды и других галактик. Их сравнение с Галактикой позволило выявить многие черты её строения. В частности, поскольку характеристики и число звёзд, размеры и некоторые другие особенно-

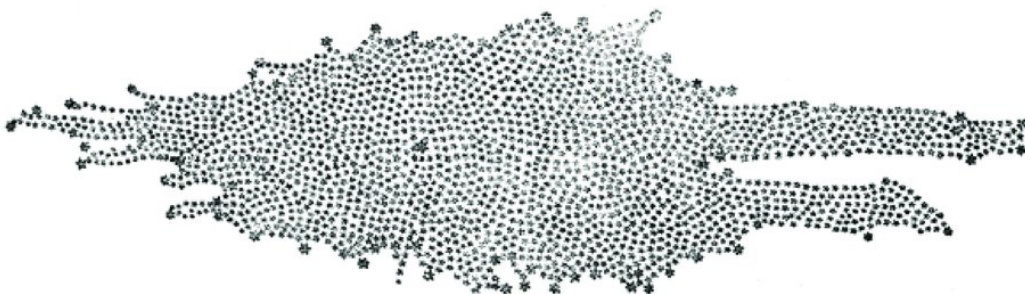


Рис. 6.2. Строение Галактики (модель Гершеля)

сти строения нашей Галактики оказались сходными с данными, полученными для туманности Андромеды, естественно было предположить, что так же, как и эта галактика, наша имеет спиральные рукава. В последующем целенаправленные исследования подтвердили этот факт.

Наши знания о размерах, составе и структуре Галактики получены в основном за последние десятилетия благодаря использованию больших телескопов, которые позволили изучать слабые звёзды и другие далёкие объекты. Было определено, что в её структуре прослеживается *ядро* и окружающие его *две системы звёзд: дискообразная* и почти сферическая *галактическая корона* (гало). Первая включает значительное число звёзд, концентрация которых возрастает по мере приближения к галактической плоскости. Менее многочисленные звёзды второй имеют концентрацию к ядру. Млечный Путь, который образуют звёзды диска, опоясывает небо вдоль большого круга, а это означает, что Солнечная система находится вблизи галактической плоскости. Диаметр нашей Галактики — около 100 тыс. св. лет (30 тыс. пк). В ней около 200 млрд звёзд. Они составляют более половины видимого вещества Галактики, а 2% — межзвёздное вещество в виде газа и пыли, при этом пыли примерно в 100 раз меньше, чем газа.

Исследования Галактики, проведённые во второй половине XX в., позволили также выявить взаимосвязи звёзд и межзвёздного вещества, свидетельствующие о процессах эволюции, которые происходят в этой системе на протяжении миллионов и миллиардов лет. После того, как выяснилось, что источником энергии звёзд являются термоядерные реакции превращения водорода в гелий, стали возможными расчёты сроков их существования. Вычисления показали, что запасов водорода у наиболее ярких звёзд хватит не более чем на несколько десятков миллионов лет. Оказалось, что в Галактике сосуществуют как очень старые звёзды, возраст которых приблизительно 13 млрд лет, так и очень молодые, возраст которых не превышает 100 тыс. лет. Стало очевидно, что образование звёзд должно происходить постоянно, а эволюцию Галактики, по сути дела, можно считать историей происходящего в ней процесса звёздообразования.

2. Звёздные скопления и ассоциации

Как вы уже знаете, число одиночных звёзд меньше, чем звёзд, составляющих двойные и кратные системы. Кроме того, в Галактике существуют различные по численности объектов и по своей форме скопления звёзд.

Звёздное скопление — группа звёзд, которые расположены близко друг к другу и связаны взаимным тяготением.

Различаются два вида звёздных скоплений: *шаровые* и *рассеянные*.

В *рассеянных скоплениях* звёзд относительно немного — от нескольких десятков до нескольких тысяч. Самым известным рассеянным скоплением являются Плеяды, видимые в созвездии Тельца (см. рис. 1 на цветной вклейке XV). В том же созвездии находится ещё одно скопление — Гиады — треугольник из слабых звёзд вблизи яркого Альдебарана. Часть звёзд, относящихся к созвездию Большой Медведицы, также составляет рассеянное скопление. Практически все скопления этого типа видны вблизи Млечного Пути. Известно около 1200 рассеянных скоплений, но считается, что их в Галактике может быть в несколько десятков раз больше.

Шаровые звёздные скопления насчитывают в своём составе сотни тысяч и даже миллионы звёзд. Некоторые скопления, в частности М13 в созвездии Геркулеса (рис. 6.3), можно увидеть невооружённым глазом в особо ясную погоду вдали от крупных городов. Шаровые скопления распределяются в Галактике по-иному: большая часть расположена вблизи её центра, а по мере удаления от него их концентрация в пространстве уменьшается. В Галактике известно около 150 шаровых звёздных скоплений.

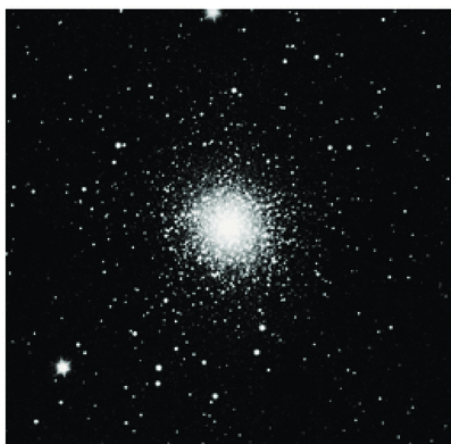


Рис. 6.3. Шаровое звёздное скопление М13 в созвездии Геркулеса

Различия двух типов скоплений касаются также их звёздного «населения». В состав рассеянных скоплений входят в основном звёз-

ды, относящиеся (как и Солнце) к главной последовательности. В шаровых — очень много красных гигантов и субгигантов, главную последовательность представляют только самые маломассивные звёзды — красные карлики.

Звёздные скопления явились такими объектами, при изучении которых астрономы получили редкостную возможность осуществить своеобразный эксперимент. При проведении научных исследований задача нередко заключается в том, чтобы, изменяя какой-то один параметр (например, температуру) и оставляя все остальные неизменными, изучить, как этот параметр влияет на характер наблюдаемого явления. Для всех звёзд данного скопления последние две из трёх основных характеристик звёзд — массы, химического состава и возраста — можно (в первом приближении) считать одинаковыми. Очевидно, что эти звёзды не случайно оказались в одном месте, а скорее всего когда-то образовались все вместе из одного и того же вещества. Следовательно, наблюдаемое различие их свойств определяется только тем, что эволюция звёзд, различных по массе, происходит по-разному. Это намного облегчает задачу сравнения выводов теории внутреннего строения и эволюции звёзд с результатами наблюдений.

Оказалось, что среди хорошо изученных звёздных скоплений (их около 500) нет ни одного, для которого диаграмма «спектр — светимость» противоречила бы выводам теории звёздной эволюции.

Таким образом, различия скоплений двух типов объясняются, согласно современным представлениям, различием возраста звёзд, входящих в их состав, а следовательно, и возраста самих скоплений. Расчёты показали, что возраст многих рассеянных скоплений не более 1—2 млрд лет, в то время как возраст шаровых скоплений значительно больше и может достигать 11—13 млрд лет.

Группировки наиболее молодых звёзд, не связанных гравитационно, получили название *звёздных ассоциаций*. Возраст некоторых из них не превышает миллиона лет. Ассоциации существуют недолго (по космическим меркам) — всего за 10—20 млн лет они расширяются настолько, что их звёзды уже невозможно выделить среди других звёзд.

Существование в Галактике звёздных скоплений и ассоциаций самого различного возраста свидетельствует о том, что звёзды формируются не в одиночку, а группами, а сам процесс звёздообразования продолжается и в настоящее время.

3. Межзвёздная среда: газ и пыль

Межзвёздное вещество распределено в объёме Галактики весьма неравномерно. Основная масса газа и пыли сосредоточена в слое небольшой толщины (около 200—300 пк) вблизи плоскости Млечного Пути. Местами это вещество сгущается в огромные (диаметром сотни световых лет) облака, которые загораживают от нас расположенные за ними звёзды. Именно такие облака наблюдаются как тёмные промежутки в Млечном Пути (см. рис. 6.1), которые долгое время считались областями, где звёзд нет, а потому через них можно заглянуть за пределы Млечного Пути.

Самое большое и близкое к нам облако вызывает хорошо заметное раздвоение Млечного Пути, которое протянулось от созвездия Орла до созвездия Скорпиона. Оно показано на картах звёздного неба (см. «Школьный астрономический календарь»).

Свет звёзд рассеивает и поглощает космическая пыль, частицы которой по своим размерам сравнимы с длиной световой волны. Частицы такого размера сильнее поглощают более коротковолновое излучение в сине-фиолетовой части спектра; в длинноволновой (красной) его части поглощение слабее, поэтому наряду с ослаблением света далёких объектов наблюдается их покраснение. Пылинки имеют различный химический состав (графит, силикаты, лёд и т. п.) и довольно вытянутую форму.

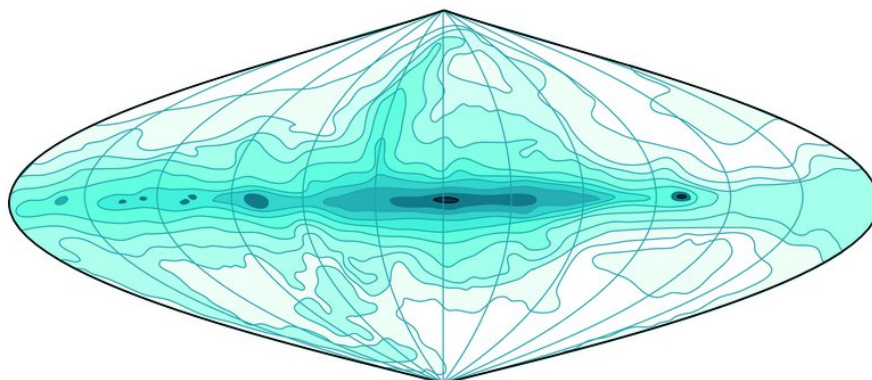
В облаках газовая концентрация составляет всего несколько десятков атомов на 1 см^3 . В пространстве между облаками она по крайней мере в 100 раз меньше, чем в облаках. Масса пыли составляет всего несколько процентов массы межзвёздного вещества, состоящего в основном из молекулярного водорода с небольшими примесями других газов. Но

даже столь малое содержание пыли при тех огромных расстояниях, которые проходит свет от далёких звёзд, вызывает его значительное ослабление. В среднем оно составляет 1,5 звёздной величины на 1000 пк, а в облаках может достигать 30 звёздных величин. Сквозь такую завесу излучение в оптическом диапазоне практически не проникает, что, в частности, лишает нас возможности увидеть ядро Галактики, которое можно изучать, только принимая его инфракрасное и радиоизлучение. Таким образом, межзвёздное поглощение света значительно осложняет изучение структуры Галактики и расположения в ней звёзд.

Вторая сложность заключается в том, что более половины межзвёздного вещества в Галактике составляет нейтральный водород, который не светится сам и не поглощает свет. Сведения о его распределении в Галактике были получены благодаря радиоастрономическим исследованиям, при которых удалось использовать особенности строения атома водорода. Оказалось, что основной уровень энергии этого атома имеет два подуровня. При переходе с одного из них на другой происходит испускание кванта с частотой, соответствующей длине волны 21 см. В каждом отдельном атоме такой переход происходит в среднем один раз за 11 млн лет, но благодаря тому, что водород составляет основную массу вещества Галактики, радиоизлучение на волне 21 см оказывается достаточно интенсивным (рис. 6.4).

Именно по радиоизлучению водорода были выявлены спиральные ветви, вдоль которых он сконцентрирован (рис. 6.5). Спиральная структура в галактическом диске прослеживается, хотя и не так надёжно, по другим объектам: го-

Рис. 6.4.
Распределение
интенсивности
радиоизлуче-
ния по небу



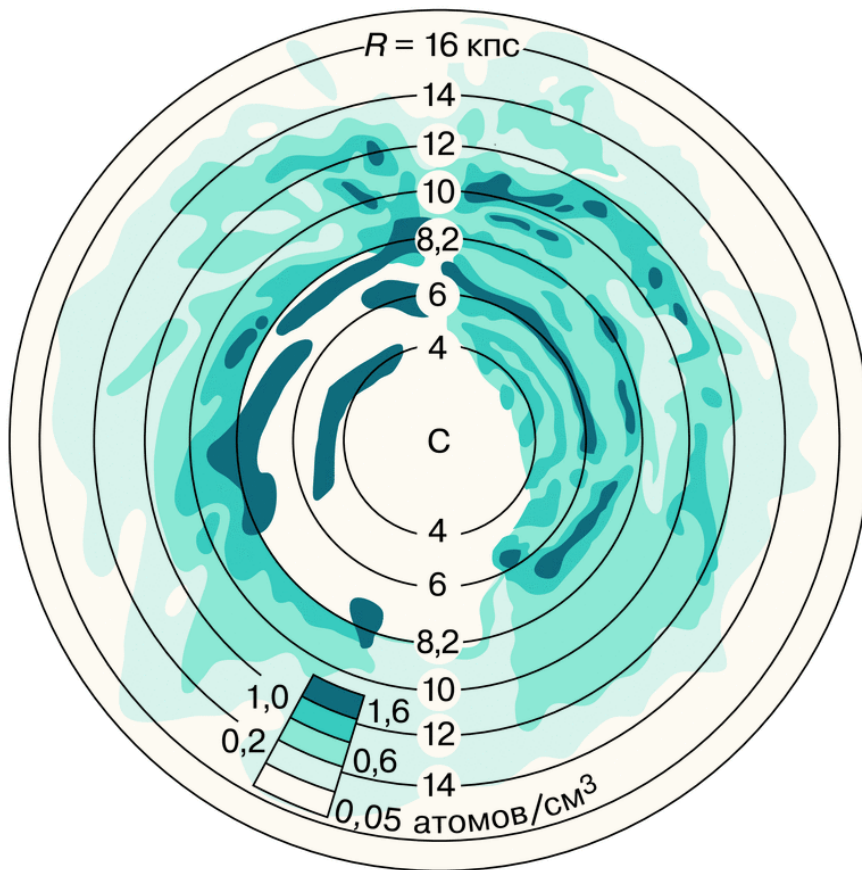


Рис. 6.5.
Спиральная
структура
Галактики
по радио-
излучению

рячим звёздам классов O и B, а также светлым туманностям. Солнце (С на рис. 6.5) находится почти посередине между двумя спиральными ветвями, удалёнными от него примерно на 3 тыс. св. лет. Они названы по имени созвездий, в которых заметны их участки, — рукав Стрельца и рукав Персея. По современным представлениям, спиральные ветви являются волнами плотности, причём движутся они вокруг центра Галактики с постоянной угловой скоростью независимо от звёзд и других объектов. Природу спиральных ветвей удалось выяснить, изучая не только нашу, но и другие сходные с ней галактики, о которых будет рассказано далее.

Физические условия в межзвёздной среде весьма разнообразны, поэтому даже сходные по своей природе и близкие по составу газопылевые облака выглядят по-разному. Они могут наблюдаться как тёмные туманности, например весьма примечательная по форме Конская Голова в созвездии Ориона (см. рис. 3 на цветной вклейке XIV). Иной вид приобретает облако, если поблизости от него находится достаточно яркая

горячая звезда. Пыль, входящая в состав облака, отражает свет этой звезды, и облако выглядит как светлая туманность, спектр которой совпадает со спектром звезды. Очень горячие звёзды (с температурой 20 000—30 000 К), которые обладают значительным ультрафиолетовым излучением, вызывают видимое флуоресцентное свечение газов, входящих в состав облака. В спектре таких облаков, которые получили название *диффузных газовых туманностей*, наблюдаются яркие линии водорода, кислорода и других элементов. Типичным объектом является Большая туманность Ориона, которую можно видеть в хороший бинокль.

Плотность этих туманностей очень мала — порядка 10^{-18} — 10^{-20} кг/м³. Тем самым астрофизика обеспечивает возможность изучать поведение газа в таких условиях, которые пока неосуществимы в земных лабораториях. В спектрах столь разреженных газов появляются линии излучения, которые ранее никогда не удавалось наблюдать. Две яркие зелёные линии спектра туманностей довольно долго приписывались гипотетическому, существующему только в туманностях элементу, который, по аналогии с гелием, стали называть небулием (от лат. nebula — туманность). Впоследствии выяснилось, что эти линии принадлежат атому кислорода, потерявшему два электрона.

На фоне светлых туманностей нередко бывают видны тёмные пятна и прожилки (рис. 6.6). Так выглядят наиболее плотные и холодные части межзвёздного вещества, получившие название *молекулярных облаков*, которых в настоящее время известно несколько тысяч (см. рис. 3 на цветной вклейке XV). Масса таких облаков может достигать миллиона масс Солнца, а диаметр — 60 пк. Большая часть из них обнаружена только по радиоизлучению. Именно в этих облаках, состоящих в основном из

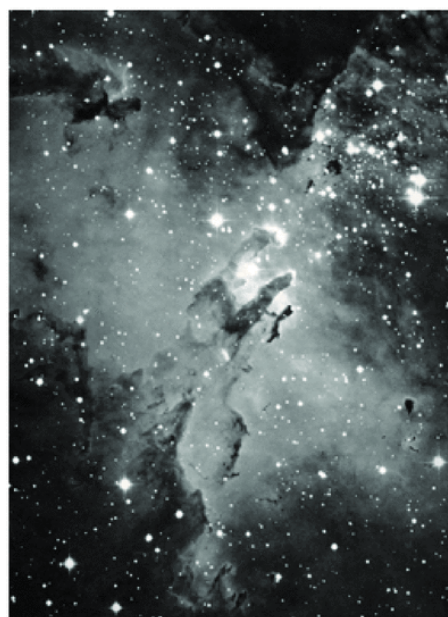


Рис. 6.6. Тёмные прожилки в светлой туманности

молекулярного водорода и гелия, происходит образование звёзд. Как примесь в этих облаках присутствуют молекулы CO, CH₃CNO, CH₃OH, NH₃ и многие другие. Пыль, относительное содержание которой в облаках невелико, делает их непрозрачными. Плотность молекулярных облаков в сотни раз больше плотности облаков атомарного водорода, а температура их всего примерно 10 К (–263 °С).

Именно в таких условиях гравитационные силы могут преодолеть газовое давление и вызвать неудержимое сжатие облака — его *коллапс*. Практически можно считать, что происходит свободное падение вещества. Возникающая при этом неоднородность отдельных частей облака приводит к тому, что оно распадается на отдельные фрагменты (сгустки), каждый из которых продолжает сжиматься. Этот процесс может повторяться до тех пор, пока не образуются фрагменты, которые вследствие высокой плотности будут непрозрачными для излучения, и вещество не сможет уносить выделяющееся тепло. Эти зародыши будущих звёзд принято называть *протозвёздами* (от греч. protos — первый). В процессе превращения фрагмента облака в звезду происходит колоссальное изменение физических условий: температура возрастает примерно в 1 млн раз, а плотность увеличивается в 10²⁰ раз. Продолжительность всего процесса по космическим меркам невелика: для такой звезды, как Солнце, она составляет несколько миллионов лет.

Протозвезда ещё не имеет термоядерных источников энергии, излучая за счёт энергии, выделяющейся при сжатии. На центральную, наиболее плотную часть протозвезды продолжает падать окружающий её газ. С ростом массы протозвезды растёт температура в её недрах, и когда она достигает нескольких миллионов кельвинов, начинаются термоядерные реакции. Сжатие прекращается, сила тяжести уравновешена внутренним давлением горячего газа — протозвезда превратилась в звезду.

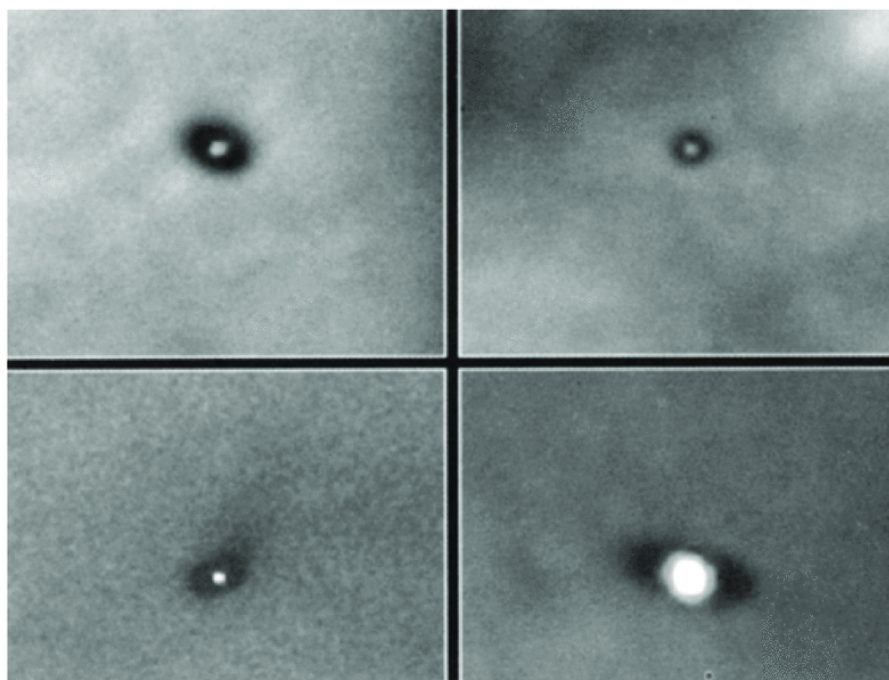
Согласно современным представлениям, рождающиеся звёзды на определённом этапе проходят стадию *звезды-кокона*. Протозвёзды и очень молодые звёзды обычно окружены газопылевой оболочкой из того вещества, которое ещё не упало на звезду. Эта оболочка делает невозможным наблюдение

рождающейся звезды в оптическом диапазоне. Однако сама оболочка разогревается излучением звезды до температуры 300—600 К и является источником инфракрасного излучения. Таких объектов к настоящему времени обнаружено уже более 250.

Излучение звезды нагревает окружающую газовую оболочку и постепенно рассеивает её полностью или только частично. Разлёт остатков облака, разогретых родившимися в нём звёздами, наблюдается в огромном комплексе облаков в Орионе. Этот очаг звёздообразования является одним из ближайших к Земле и наиболее заметным. Две другие, самые близкие области звёздообразования находятся в тёмных облаках созвездий Тельца и Змееносца. В отдельных случаях от оболочки-кокона остаются *газопылевые диски*, частицы которых обращаются вокруг звёзд. Изображения таких объектов впервые получены с помощью космического телескопа «Хаббл» (рис. 6.7). Вероятно, из вещества одного из таких дисков, который образовался вместе с будущим Солнцем, около 5 млрд лет тому назад сформировалась наша Земля и все другие тела Солнечной системы.

Иная форма взаимосвязи звёзд и межзвёздного вещества наблюдается в туманностях, которые образуются на опре-

Рис. 6.7.
Газопылевые
диски вокруг
звёзд



делённых этапах эволюции звёзд. К их числу относятся *планетарные туманности*, которые были названы так, поскольку в слабые телескопы они выглядят как диски далёких планет — Урана и Нептуна (см. рис. 2 на цветной вклейке XV). Это внешние слои звёзд, отделившиеся от них при сжатии ядра и превращении звезды в белого карлика. Эти оболочки расширяются и в течение нескольких десятков тысяч лет рассеиваются в космическом пространстве.

Туманности другого типа образуются при взрывах сверхновых звёзд. Самая известная из них — Крабовидная туманность в созвездии Тельца (см. рис. 1 на цветной вклейке XIV). Она появилась как результат вспышки сверхновой в 1054 г. На этом месте в настоящее время внутри туманности наблюдается пульсар. Сама ажурная, состоящая из множества волокон оболочка сверхновой расширяется со скоростью свыше 1000 км/с.

Взаимодействие таких оболочек с межзвёздной средой приводит к появлению туманностей самой причудливой формы (рис. 6.8).

Состав вещества, теряемого звёздами, отличается от первичного состава межзвёздной среды. В процессе термоядерных реакций в недрах звёзд происходит образование многих химических элементов, а во время вспышек сверхновых образуются даже ядра тяжелее железа. Потерянный звёздами газ с повышенным содержанием тяжёлых химических элементов меняет состав межзвёздного вещества, из которого впослед-

ствии образуются звёзды. Химический состав звёзд «второго поколения», к числу которых принадлежит, вероятно, и наше Солнце, несколько отличается от состава старых звёзд, образовавшихся ранее.

В настоящее время объекты, имеющие разный возраст, по их распределению в пространстве принято разделять на ряд подсистем, образующих единую звёзд-

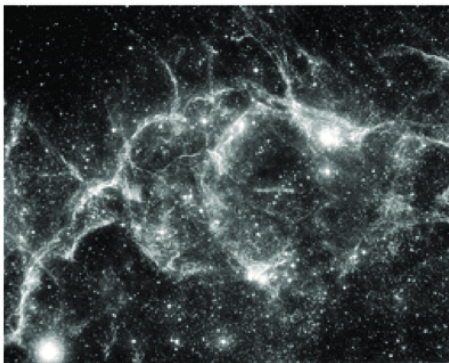


Рис. 6.8. Волокнистая оболочка, сброшенная звездой

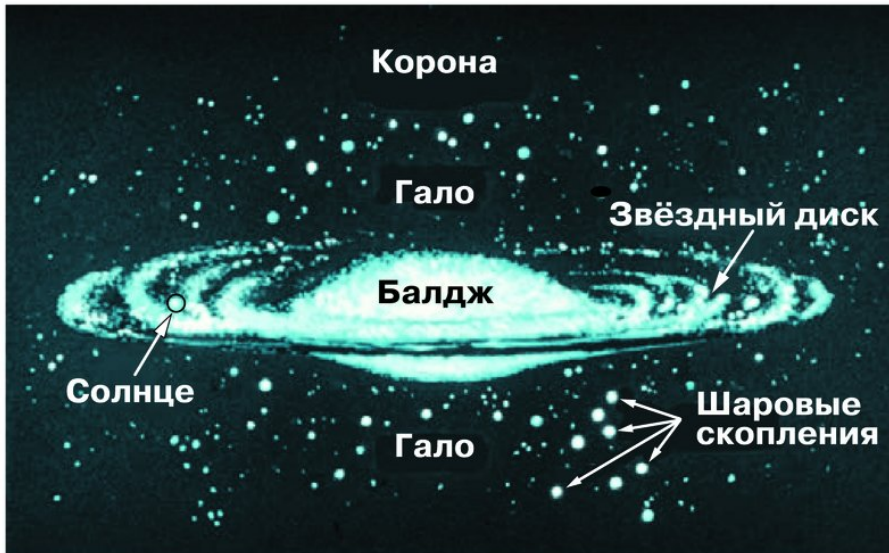


Рис. 6.9.
Схема
строения
Галактики

ную систему — Галактику. Наиболее чётко выделяются две: *плоская* (диск) и *сферическая* (гало). Их расположение представлено на схеме, показывающей структуру Галактики в плоскости, перпендикулярной плоскости Млечного Пути (рис. 6.9); указаны корона, которая окружает эти подсистемы, центральная область Галактики, получившая название «балдж», и её ядро, которое находится в направлении созвездия Стрельца, а также отмечено положение Солнца.

Центр Галактики (область радиусом примерно 1 кпк) является не просто геометрическим центром нашей звёздной системы, а представляет собой одну из наиболее интересных её составных частей, которая по своим характеристикам существенно отличается от всех остальных. Особая роль ядра в любой звёздной системе стала очевидной в ходе исследования других галактик. К сожалению, изучение ядра нашей Галактики значительно затруднено, поскольку оно скрыто от нас мощными газопылевыми облаками.

В центральных областях Галактики наблюдается повышенная концентрация звёзд, расстояния между которыми здесь в десятки и сотни раз меньше, чем в окрестностях Солнца. Так, в самой середине, в области радиусом всего 50 пк, сосредоточены сотни горячих звёзд. Центральная часть в радиусе примерно 150 пк, помимо большого количества звёзд, заполнена ионизованным водородом.

Область размером 10 пк, называемая ядром Галактики, является источником радиоизлучения, внутри которого находятся красные гиганты и отдельные плотные газовые конденсации размером около 0,1 пк. Два других радиоисточника находятся дальше от центра Галактики и представляют собой молекулярные облака, в которых идёт бурный процесс звёздообразования. По движению звёзд вокруг центра Галактики было установлено, что здесь в области размером немногим более Солнечной системы сосредоточена масса около 4 млн масс Солнца. Это означает, что здесь находится сверхмассивная чёрная дыра.

4. Движение звёзд в Галактике. Её вращение

Долгое время звёзды не случайно считались «неподвижными». Измеряя взаимное расположение звёзд на небе, астрономы только в начале XVIII в. заметили, что положения некоторых ярких звёзд (Альдебарана, Арктура, Сириуса) относительно соседних слабых звёзд изменились по сравнению с теми, которые были отмечены в древности. Смещение звёзд, которое назвали собственным движением, было обнаружено

раньше, чем удалось измерить их годичный параллакс.

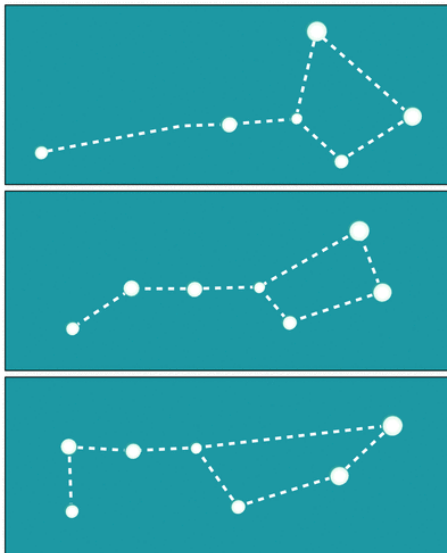


Рис. 6.10. Изменение вида созвездия Большая Медведица на протяжении 100 тыс. лет

Собственным движением звезды называется её видимое угловое смещение за год по отношению к слабым далёким звёздам.

Смещение звёзд на небе в течение года невелико. Однако на протяжении десятков тысяч лет собственные движения звёзд существенно сказываются на их положении, вследствие чего меняются привычные очертания созвездий (рис. 6.10).

Скорости движения в пространстве у различных звёзд отли-

чаются довольно значительно. Самая «быстрая» из них, получившая название «летающая звезда Барнарда», за год перемещается по небу на $10,8''$. Это означает, что $0,5^\circ$ — угловой диаметр Солнца и Луны — она проходит менее чем за 200 лет. В настоящее время эта звезда (её звёздная величина 9,7) находится в созвездии Змееносца. Большинство из 300 тыс. звёзд, собственное движение которых измерено, меняют своё положение значительно медленнее — смещение составляет всего лишь сотые и тысячные доли угловой секунды за год.

В настоящее время собственные движения звёзд определяют, сравнивая положение звёзд на фотографиях данного участка звёздного неба, полученных на одном и том же телескопе с промежутком времени в несколько лет или даже десятилетий. Но даже в этом случае смещение сравнительно близких звёзд на фоне более далёких столь мало, что его можно определить только с помощью специальных микроскопов.

Скорость звезды в пространстве \vec{v} можно представить как векторную сумму двух компонентов, один из которых направлен по лучу зрения, другой — перпендикулярно ему (рис. 6.11). Скорость по лучу зрения (\vec{v}_r) непосредственно определяется по эффекту Доплера — смещению линий в спектре звезды. Компонент скорости по направлению, перпендикулярному лучу зрения (\vec{v}_τ), можно вычислить только в том случае, если измерить собственное движение звезды и её параллакс, т. е. знать расстояние до неё. Тогда пространственная скорость звезды будет равна:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2}.$$

Пространственные скорости звёзд относительно Солнца (или Земли) составляют, как правило, десятки километров в секунду.

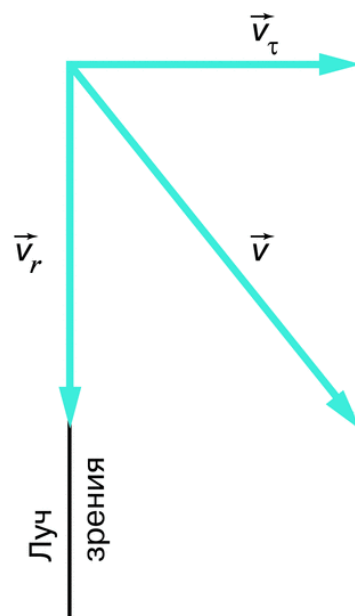


Рис. 6.11. Разложение вектора скорости звезды

Изучение собственных движений и лучевых скоростей показало, что Солнечная система движется относительно ближайших звёзд со скоростью около 20 км/с в направлении созвездия Геркулеса. Точка небесной сферы, куда направлена эта скорость, называется **апексом** Солнца.

Анализ собственных движений и лучевых скоростей звёзд по всему небу показал, что они движутся вокруг центра Галактики. Это движение звёзд воспринимается как вращение нашей звёздной системы, которое подчиняется определённой закономерности: *угловая скорость вращения убывает по мере удаления от центра, а линейная возрастает, достигая максимального значения на том расстоянии, на котором находится Солнце, а затем практически остаётся постоянной.*

Звёзды, газ и другие объекты, составляющие галактический диск, движутся по орбитам, близким к круговым. Солнце вместе с близлежащими звёздами обращается вокруг центра Галактики со скоростью около 220 км/с, совершая один оборот примерно за 220 млн лет. Расстояние от Солнца до центра Галактики составляет 23—28 тыс. св. лет (7—9 тыс. пк). Скорость обращения Солнца практически совпадает со скоростью, с которой на данном расстоянии от центра Галактики движется волна уплотнения, формирующая спиральные рукава. Эта область Галактики получила название **коротационной окружности** (от англ. corotation — совместное вращение). Оказавшиеся здесь Солнце и другие звёзды находятся в привилегированном положении. Все остальные звёзды периодически попадают внутрь спиральных рукавов, поскольку их линейные скорости не совпадают со скоростью обращения волны уплотнения вокруг центра Галактики. Следовательно, наша планета и вся Солнечная система не испытывают на себе катастрофического влияния тех бурных процессов, которые происходят внутри спиральных рукавов. Стабильность условий, в которых возникла и миллиарды лет существует Солнечная система, может рассматриваться как один из важнейших факторов, обусловивших происхождение и развитие жизни на Земле.



ВОПРОСЫ 1. Какова структура и размеры нашей Галактики? 2. Какие объекты входят в состав Галактики? 3. Как проявляется себя межзвёздная среда? Каков её состав? 4. Какие источ-

ники радиоизлучения известны в нашей Галактике? 5. Чем различаются рассеянные и шаровые звёздные скопления?



УПРАЖНЕНИЕ 20 Звезда, находящаяся на расстоянии 10 пк, приближается к нам со скоростью 100 км/с. Как изменится это расстояние за 100 лет?

§ 26. ДРУГИЕ ЗВЁЗДНЫЕ СИСТЕМЫ – ГАЛАКТИКИ

Наиболее яркие галактики были включены в каталог, составленный Мессье ещё в XIX в., когда их природа была совершенно неизвестна. Так, туманность Андромеды по этому каталогу обозначена М31. В «Новый общий каталог» (New General Catalog), который содержит сведения об объектах далёкого космоса, в том числе о более чем 13 тыс. галактик, она включена как NGC 224. В состав всех галактик входят звёзды, межзвёздный газ и тёмная материя. Но их относительное содержание в галактиках различного типа существенно отличается.

Для большинства галактик определить расстояние по наблюдениям цефеид оказывается невозможным. В этих случаях пользуются другими методами, среди которых наиболее надёжным считается определение расстояния по закону «красного смещения», открытому в 1929 г. американским астрономом *Эдвином Хабблом* (1889—1953). Он обнаружил, что в спектрах всех галактик (за исключением туманности Андромеды и других ближайших галактик) линии смещены к красному концу (рис. 6.12). Это «красное смещение» означало, что они удаляются от нашей Галактики.

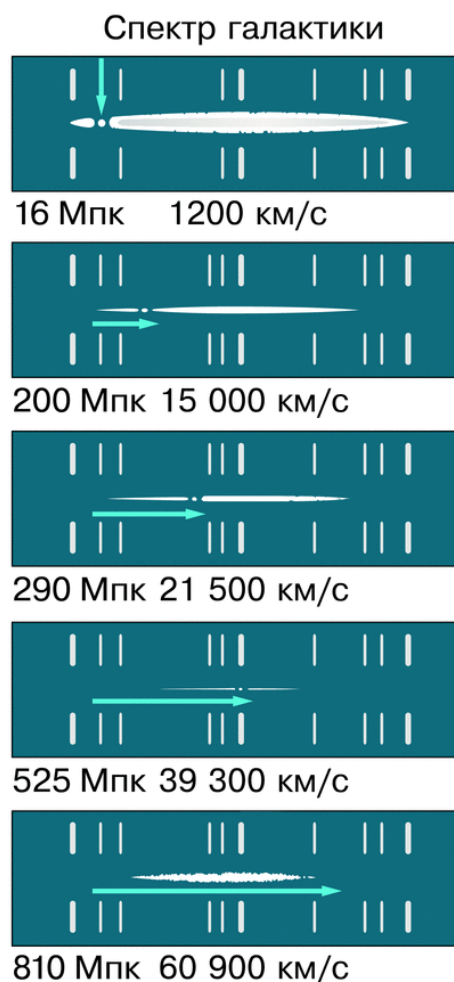


Рис. 6.12. «Красное смещение» в спектрах галактик