



### Контрольные вопросы и задания

1. Найдите на звездной карте созвездия, через которые проходит Млечный Путь.
2. Почему наблюдателю, находящемуся на Земле, Млечный Путь представляется прерывистым и клочковатым?
3. Как устроена наша Галактика?
4. Каково положение Солнечной системы в Галактике?
5. Чем отличаются звезды диска Галактики от звезд гало?
6. Как распределены шаровые скопления в Галактике? Чем они отличаются от рассеянных скоплений?
7. Каковы особенности вращения нашей Галактики?
8. Сколько раз за время существования Солнце успело обернуться вокруг центра Галактики?
9. Звезда 83 Геркулеса находится от Солнца на расстоянии  $D = 100$  пк, ее собственное движение составляет  $\mu = 0,12''$ . Какова тангенциальная скорость этой звезды?
10. Лучевая скорость звезды Бетельгейзе  $v_r = 21$  км/с, собственное движение  $\mu = 0,032''$  в год, а параллакс  $p = 0,012''$ . Определите полную пространственную скорость этой звезды относительно Солнца.

## § 28. Межзвездная среда

**1. Межзвездный газ.** Звездное небо содержит много туманных объектов. Они бывают светящимися и темными, поглощающими свет.

Широкое применение фотографии в астрономии позволило тщательно исследовать, описать и составить каталоги темных туманностей.

На фоне светлых областей Млечного Пути отчетливо выделяются темные пятна неправильной формы и различных угловых размеров. Эти темные пятна и области доказывают существование вблизи галактической плоскости холодной разреженной материи.

**Межзвездная среда** — это вещество и поля, заполняющие межзвездное пространство внутри Галактики. Большая часть массы межзвездного вещества приходится на разреженный газ и пыль. Вся межзвездная среда пронизывается магнитными полями, космическими лучами, электромагнитным излучением. Основной компонент межзвездной среды — **межзвездный газ**, который состоит из водорода (70 % массы) и гелия (28 %). Остальная часть массы межзвездного вещества приходится на более тяжелые химические элементы (O, C, N, Ne, S, Ar, Fe и др.).

Общая масса межзвездного вещества нашей Галактики (не считая короны) оценивается в 2 % от общей массы всей Галактики. В зависимости от темпера-

турных условий и плотности межзвездный газ может находиться в трех различных состояниях: *ионизированном, атомарном и молекулярном*.

Основные данные о межзвездном газе получены радиоастрономическими методами, после того как в 1951 г. было обнаружено радиоизлучение нейтрального атомарного водорода на волне 21 см. Оказалось, что атомарный водород, имеющий температуру 100 К, образует в диске Галактики тонкий слой толщиной 200—300 пк, увеличивающийся до нескольких килопарсеков на расстоянии 15—20 кпк от ее центра.

Основная часть межзвездного газа сосредоточена в спиральных ветвях Галактики, где он распределен также неравномерно: собран в клочковатые образования размерами в десятки и сотни парсеков со средней концентрацией частиц несколько атомов в  $1 \text{ см}^3$ . Около половины массы межзвездного газа содержится в гигантских **молекулярных облаках** со средней массой  $10^5$  масс Солнца и диаметром около 40 пк. Из-за низкой температуры (около 10 К) и повышенной плотности (до  $10^3$  частиц в  $1 \text{ см}^3$ ) водород и другие элементы в этих облаках объединены в молекулы. Таких молекулярных облаков в Галактике насчитывается около 4000.

Области ионизированного водорода с температурой 8000—10 000 К проявляют себя в оптическом диапазоне как **светлые диффузные туманности**. Их свечение возбуждается ультрафиолетовым излучением близко расположенных горячих звезд (спектральных классов *B* и *O*).

Светлая туманность излучает свет, если ее освещает близлежащая звезда (рис. 148). Звезды класса *O* и *B* способны вызвать ионизацию атомов водорода на расстоянии примерно 500 световых лет.

Светлые диффузные туманности, имеющие неправильную, клочковатую форму, достигают размеров до 10 пк, а их плотность колеблется от  $10^{-17}$  до  $10^{-20} \text{ кг/м}^3$ . Распределяются области такого ионизированного водорода в плоской подсистеме Галактики, являясь также указателями мест протекающего в настоящее время

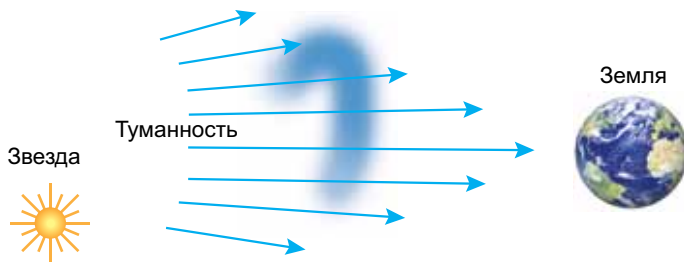


Рис. 148. Туманность излучает свет, если ее освещает близлежащая звезда



Рис. 149. Большая туманность Ориона

звездообразования. Так, в Большой туманности Ориона (рис. 149) с помощью космического телескопа Хаббла обнаружены протозвезды, окруженные протопланетными дисками.

Большая туманность Ориона — самая яркая газовая туманность на ночном небе. Расстояние до этой туманности — около 1340 световых лет.

При наблюдении через фильтр можно увидеть, что некоторые из туманностей состоят из отдельных волокон. Например, известная Крабовидная туманность в созвездии Тельца (см. рис. 134), являющаяся остатком взорвавшейся сверхновой звезды.

Если близлежащие звезды не столь горячи и не могут ионизировать водород, то туманность светится за счет отражения звездного света (рис. 150). Данные туманности содержат много пыли. Примером такой светлой туманности является туманность в скоплении Плеяды в созвездии Тельца (см. рис. 142).

Особым типом туманностей являются **планетарные туманности**, которые выглядят как слабо светящиеся диски или кольца, напоминающие диски планет. Их насчитывается более 1200. Планетарные туманности представляют собой светящуюся расширяющуюся оболочку ионизированного газа, сброшенного красным гигантом на конечной стадии своей эволюции. В центре планетарной туманности находится остаток погибшего красного гиганта — горячий белый карлик или нейтронная звезда. Под действием внутреннего давления газа планетарная туманность расширяется примерно со скоростью 20—40 км/с, при этом плотность газа падает. Эти объекты обогащают межзвездную среду веществом. Планетарная туманность Песочные Часы (рис. 151) показывает, ка-

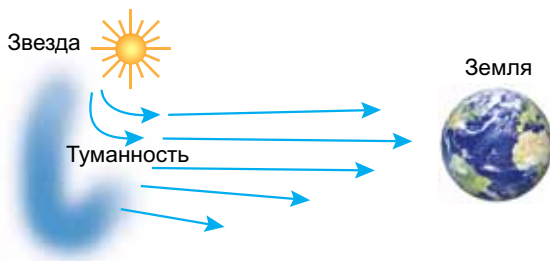


Рис. 150. Туманность светит отраженным светом близлежащей звезды

кие сложные процессы могут происходить на последней стадии эволюции звезды.

**2. Межзвездная пыль.** В межзвездном пространстве рассеяны мелкие твердые частицы (металлические, силикатные или графитовые) размерами от 0,01 до 1 мкм. Тугоплавкие частички образуются и поставляются в межзвездную среду за счет расширения оболочек новых и сверхновых звезд, планетарных туманностей, холодных красных гигантов и сверхгигантов. В межзвездном пространстве пыль везде сопутствует газу. На ее долю приходится около 1 % от массы газа.

Межзвездная пыль, как и межзвездный газ, концентрируется в галактической плоскости, образуя газопылевые облака клочковатой структуры. В межзвездных облаках мелкие пылинки быстро обрастают оболочками из наиболее распространенных элементов (H, C, N, O). За миллионы лет даже при низкой температуре в оболочках происходят сложные химические процессы с образованием молекул воды, этилена, синильной кислоты, этилового спирта и др. Зарегистрировано около 90 типов молекул, некоторые из них содержат до 13 атомов.

Из-за пыли самые плотные газовые образования — молекулярные облака — практически непрозрачны и выглядят на небе как темные области, почти лишённые звезд (рис. 152). Такие газопылевые образования называются **темными диффузными туманностями** (рис. 153).



Рис. 151. Планетарная туманность Песочные Часы



Рис. 152. Облака межзвездной пыли в направлении на центр Галактики

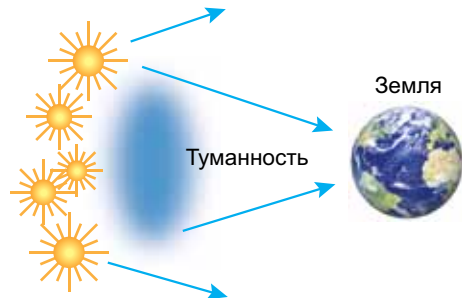


Рис. 153. Темная туманность заслоняет свет звезд, находящихся на большом расстоянии от Земли



Рис. 154. Туманность Конская Голова в созвездии Ориона. Слева — изображение в инфракрасных лучах, справа — в оптических. Фотографии космического телескопа Хаббла

Благодаря развитию внеатмосферной астрономии появилась возможность наблюдать межзвездную пыль в инфракрасном диапазоне, что позволяет рассмотреть новые детали (рис. 154).

**3. Космические лучи и межзвездное магнитное поле.** Кроме разреженного газа и пыли, в межзвездном пространстве с огромными скоростями, близкими к скорости света, движется большое количество элементарных частиц и ядер различных атомов. Потоки этих частиц называют **космическими лучами**. Они пронизывают все межпланетное и межзвездное пространство. На площадку в  $1 \text{ м}^2$  каждую секунду попадает в среднем около 10 тыс. различных частиц. В составе космических лучей присутствуют электроны, ядра гелия и более тяжелых элементов, но в основном преобладают протоны (более 90 %), которые имеют среднюю энергию  $1,6 \cdot 10^{10}$  Дж.

Основными источниками космических лучей в Галактике служат остатки сверхновых звезд и пульсары (см. § 26).

Первое свидетельство существования **межзвездного магнитного поля** было получено итальянским физиком Энрико Ферми и американским ученым Эдвардом Теллером при изучении космических лучей.

Электроны, входящие в состав космических лучей, постепенно тормозятся в магнитном поле, теряя энергию на излучение радиоволн. Такое излучение называется **синхротронным**. Оно регистрируется радиотелескопами. Мощными источниками синхротронного излучения являются остатки сверхновых звезд.



### ! Главные выводы

1. Межзвездная среда — это вещество и поля, заполняющие межзвездное пространство внутри Галактики.
2. Большая часть массы межзвездной среды приходится на разреженный газ и пыль, общая масса которых оценивается в 2 % от общей массы Галактики.

### ? Контрольные вопросы и задания

1. Что понимают под межзвездной средой? Чем она заполнена?
2. Какова масса межзвездного вещества нашей Галактики?
3. Что понимают под туманностями? Назовите основные виды туманностей. Почему одни туманности светлые, другие — темные?
4. Что представляет собой межзвездная пыль?
5. Исходя из каких астрономических наблюдений можно сделать вывод о существовании межзвездной пыли?
6. Каково происхождение газопылевых туманностей и молекулярных облаков?
7. Что представляют собой космические лучи? Какими свойствами они обладают?

## § 29. Звездные системы — галактики

**1. Типы галактик.** В 1924 г. с помощью крупнейшего в то время телескопа (обсерватория Маунт-Вилсон, США) Эдвин Хаббл установил, что туманность Андромеды образована огромным числом звезд, сливающихся в сплошное туманное пятно при наблюдении в менее мощный телескоп. Большинство других известных туманностей оказались такими же удаленными гигантскими системами, состоящими из миллионов и миллиардов звезд. Гигантские гравитационно-связанные системы звезд и межзвездного вещества, расположенные вне нашей Галактики, стали называть **галактиками**. Современные мощные телескопы сделали доступной регистрацию сотен миллиардов галактик.

Фотоснимки показали, что галактики различаются по внешнему виду и структуре. Хаббл предложил классифицировать галактики по их форме. Согласно современной классификации, различают галактики следующих основных типов: эллиптические (E), спиральные (S), неправильные (Ir) и линзовидные (SO) — рисунок 155 на с. 176.