

## Межзвёздная пыль

Пыль всегда существует как примесь к межзвёздному газу. Хотя по массе пыль составляет не более 1 % от массы газа, она играет очень важную роль в эволюции газовой среды, поглощая свет звёзд. С ростом плотности газа содержащаяся в нём пыль делает среду непрозрачной для света. Поэтому, например, молекулярные облака, проецирующиеся на полосу Млечного Пути или на светлые газовые туманности, кажутся тёмными образованиями. Их называют **тёмными туманностями** (рис. 168, 169). Хотя они выделяются на фотографиях именно благодаря наличию пыли, всё же основная масса вещества в них приходится не на пыль, а на молекулярный газ.

Пыль затрудняет наблюдения звёзд вблизи Млечного Пути. Из-за *поглощения пылью* световой поток в среднем ослабевает вдвое на пути протяжённостью в несколько тысяч световых лет. При этом чем короче длина волны света, тем сильнее поглощение. Поэтому в наибольшей степени пылью поглощаются фиолетовые лучи, а в наименьшей — красные и особенно инфракрасные. Наблюдения в инфракрасных лучах позволяют весьма эффективно видеть сквозь пыль.

Изучение оптических свойств пылинок показало, что их размеры составляют от сотых долей микрометра до нескольких микрометров. Пылин-



Рис. 168. Тёмные газово-пылевые туманности на фоне Млечного Пути

ки содержат маленькие ядрышки из тугоплавких элементов (*кремний, графит*), покрытые тонким слоем из намерзших на них молекул водорода и более сложных молекул. За рождение пылинок ответственны сравнительно холодные звёзды. Пылинки образуются главным образом в расширяющихся газовых оболочках этих звёзд, где они конденсируются из охлаждающегося при расширении газа, попадая вместе с ним в межзвёздную среду.

Поглощая световую энергию звёзд и кинетическую энергию частиц газа, пылинки нагреваются и сами становятся источниками излучения в длинноволновой инфракрасной области спектра. Даже невысокая температура пыли достаточно для того, чтобы она светила как любое нагретое тело в инфракрасном диапазоне на длинах волн от нескольких десятков до нескольких сотен микрометров. Это излучение уверенно принимают космические *инфракрасные обсерватории* (рис. 170).



Рис. 169. Разрушающаяся тёмная туманность (молекулярное облако)

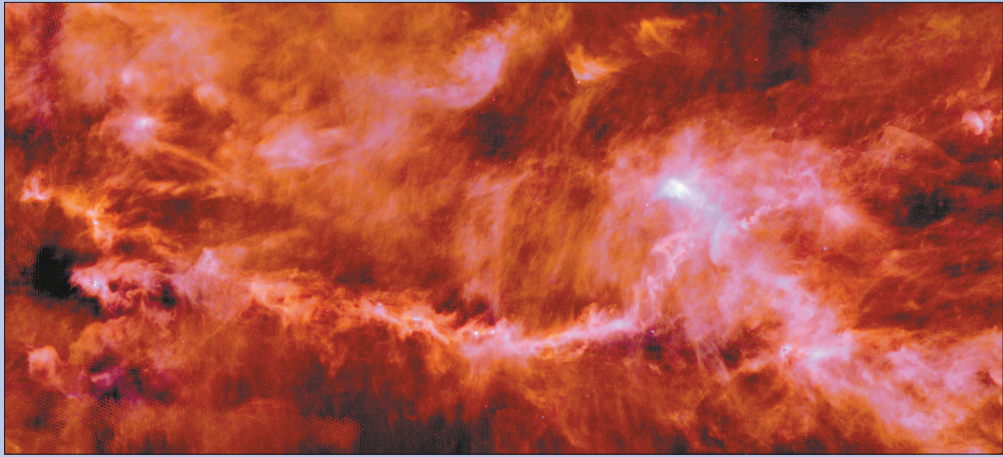


Рис. 170. Молекулярные облака в созвездии Телец. Излучение пыли, нагретой недавно родившимися звёздами, уносит тепловую энергию, охлаждая недра облаков. Фото космической инфракрасной обсерватории «Гершель» (ESA)

## Космические лучи и межзвёздное магнитное поле

Космическое пространство как в Солнечной системе, так и за её пределами пронизывается жёсткой **радиацией** — потоками элементарных частиц высокой энергии, летящих практически со скоростью света. Эти быстрые частицы называют **космическими лучами**. В основном это высокоэнергичные *протоны*, *ядра атомов гелия ( $\alpha$ -частицы)* и *электроны*. Солнечная система «простреливается» космическими лучами, рождающимися при солнечных вспышках, а из межзвёздной среды в неё проникают более энергичные частицы — **галактические космические лучи** с энергией от  $10^{10}$  до  $10^{20}$  эВ. Для сравнения: шарик от настольного тенниса весом 2,5 г, летящий со скоростью 36 м/с, имеет энергию около  $10^{19}$  эВ. В случае космических лучей такая энергия может принадлежать всего лишь одной элементарной частице. На самом большом в мире ускорителе протонов — *Большом адронном коллайдере* — частицы планируются разгонять до энергии  $10^{13}$  эВ, что в миллионы раз меньше, чем наблюдается у наиболее энергичных космических лучей. Столь энергичные космические лучи, по-видимому, приходят к нам от других галактик, поскольку при той энергии, которой они обладают, ничто не может удержать их в одной галактике.

Частицы галактических космических лучей непрерывно бомбардируют нашу планету. До поверхности Земли долетают не сами космические лучи, а те элементарные частицы, которые возникают при их столкновениях с атомами воздуха. Космические лучи «разбивают» ядра атомов, при этом образуется целый «ливень» вторичных частиц с немного меньшей энергией. Они называются **вторичными космическими лучами**. Вот их-то и детектируют (фиксируют) наземные установки.

Частицы космических лучей, казалось бы, должны лететь в пространстве прямолинейно, поскольку гравитация не влияет заметно на движение тел с околосветовой скоростью, но в межзвёздной среде существует *магнитное поле*, которое искривляет траектории движения заряженных частиц.

Измерения показали, что межзвёздное магнитное поле сильнее всего вблизи плоскости Галактики, хотя и там оно примерно в миллион раз слабее, чем у поверхности Земли. Однако магнитное поле занимает большие объёмы пространства, поэтому оно заключает в себе гигантскую энергию, которая не меньше, чем энергия тепловых движений атомов межзвёздного газа, или энергия, заключённая в космических лучах в том же объёме пространства.

Поскольку частицы космических лучей имеют электрический заряд, магнитное поле действует на них с определённой силой (*силой Лоренца*), и, двигаясь по Галактике, они непрерывно меняют направление полёта. Их траектории оказываются «запутанными», поэтому по направлению движения частицы, достигшей Земли, невозможно узнать направление на источник, где эта частица получила свою энергию. Тем не менее мы знаем, что большая часть космических лучей рождается в результате взрывов сверхновых звёзд.

Электроны, входящие в состав космических лучей, в своём движении в магнитных полях излучают электромагнитные волны (главным образом в радиодиапазоне). Мы уже знаем, что этот нетепловой механизм излучения называется **синхротронным**. Остатки вспышек сверхновых звёзд по этой причине являются мощными *источниками синхротронного радиоизлучения*. Более слабое радиоизлучение синхротронной природы, принимаемое радиотелескопами, рождается во всём объёме галактического диска.

Со временем частицы космических лучей теряют энергию при взаимодействии с атомами межзвёздного газа либо (наиболее энергичные) покидают Галактику. Потери космических лучей компенсируются происходящими время от времени взрывами сверхновых звёзд, при которых в межзвёздное пространство выбрасываются новые высокоэнергичные частицы.