

Конспект урока "Межзвёздная среда: газ и пыль"

На первый взгляд кажется, что между звёздами ничего нет. Так ли это? Природа межзвёздной среды столетиями привлекала внимание астрономов и учёных. А сам термин «межзвёздная среда» впервые был использован в 1626 году в работе Фрэнсиса Бэкона «*Sylva Sylvarum*»: «О, Небеса между звёздами, они имеют так много общего со звёздами, вращаясь (вокруг Земли), так же, как любая другая звезда».



Хотя большинство деятелей того времени, и в частности Роберт Бойль, считали, что «межзвёздная область небес, как полагают некоторые <...>, должна быть пустой».

Сейчас мы точно знаем, что всё межзвёздное пространство внутри Галактики заполнено **межзвёздной средой**. Её большая часть массы приходится на разреженный газ и пыль.

Основным компонентом межзвёздной среды является **межзвёздный газ**. Он на 70 % состоит из водорода и 28 % — из гелия. В зависимости от температурных условий и плотности межзвёздный газ может находиться в трёх различных состояниях: ионизированном, атомарном и молекулярном.

Почти все знания о межзвёздном газе были получены во второй половине XX века после того, как было обнаружено радиоизлучение нейтрального атомарного водорода. Оказалось, что основной уровень энергии этого атома разделён на два подуровня. И в среднем один раз за 11 миллионов лет (!) возможен переход электрона с одного из них на другой.



При этом испускается квант с частотой, соответствующей длине волны 21 см. Но так как водород составляет основную массу вещества Галактики, то радиоизлучение на этой волне оказывается очень интенсивным. Именно благодаря этому было установлено, что атомарный водород, имеющий температуру около 100 К, образует в диске Галактики тонкий слой толщиной порядка 200—300 пк. А по мере удаления от центра Галактики (примерно на расстоянии 15—20 кпк) его толщина увеличивается до нескольких килопарсек.

Помимо газа, в межзвёздном пространстве рассеяно бесчисленное количество микроскопических твёрдых частиц. Их типичный размер колеблется от 0,01 до 0,2 мкм. Считается, что эти частицы образуются и поставляются в межзвёздную среду за счёт расширения оболочек новых и сверхновых звёзд, холодных красных гигантов и сверхгигантов.

Межзвёздная пыль всегда сопутствует газу. На её долю приходится около 1 % от массы межзвёздного газа. И хотя газ и пыль в Галактике очень сильно разрежены, в некоторых её областях они могут концентрироваться. В этих местах мы наблюдаем так называемые **газопылевые туманности**. Все они делятся на два вида: тёмные и светлые (или диффузные).

В свою очередь выделяют три типа диффузных туманностей: отражательная, эмиссионная и планетарная.

Отражательными туманностями называются туманности, которые сами не излучают свет, а подсвечиваются ближайшими звёздами. Как правило такие туманности содержат большое количество межзвёздной пыли, которая рассеивает свет ближайшей звезды. Причём рассеяние голубого цвета более эффективно, чем красного. Поэтому отражательные туманности, как правило, имеют синеватый оттенок. Примером такой светлой туманности является туманность в скоплении Плеяды в созвездии Тельца. А также туманность Голова Ведьмы, которая связана с яркой звездой Ригель.



Области ионизированного водорода с температурой 8000—10 000 К проявляют себя в оптическом диапазоне как светлые **эмиссионные туманности**. Их свечение возбуждается ультрафиолетовым излучением близкорасположенных горячих звёзд (спектральных классов В и О, а также звёзд типа Вольфа — Райе). Цвет таких туманностей красноватый, так как именно этому цвету соответствует излучение водорода.

Как правило, эмиссионные туманности имеют неправильную, клочковатую форму размером до десяти парсек. Плотность вещества в них небольшая — всего около 10^{-17} — 10^{-20} кг/м³. Эмиссионные туманности являются указателями мест протекающего в настоящее время звёздообразования.

Самым известным представителем светящихся эмиссионных туманностей является Большая туманность Ориона. Она самая яркая на ночном небе.



Особым типом светлых туманностей являются **планетарные туманности**. Они выглядят как слабо светящиеся диски или кольца, напоминающие диски планет.

Планетарные туманности представляют собой светящуюся расширяющуюся оболочку ионизированного газа, сброшенного красным гигантом на конечной стадии своей эволюции. В центре такой туманности находится остаток от погибшей звезды — белый карлик или нейтронная звезда.

Также планетарные туманности образуются в результате взрыва сверхновых звёзд. После взрыва оболочка сверхновой разлетается в разные стороны, образуя ударную волну, которая самым причудливым образом может взаимодействовать с межзвёздным газом и пылью.



Самой известной такой туманностью является Крабовидная Туманность в созвездии Стрельца. Напомним, что появилась она в результате вспышки сверхновой в 1054 году. В её центре располагается пульсар.

В последние годы при помощи снимков, полученных космическим телескопом «Хаббл», удалось выяснить, что многие планетарные туманности имеют очень сложную и своеобразную структуру. При этом большинство из них не обладают какой бы то ни было симметрией. Механизмы, благодаря которым возможно образование такого многообразия форм, остаются на сегодняшний день до конца не выясненными.

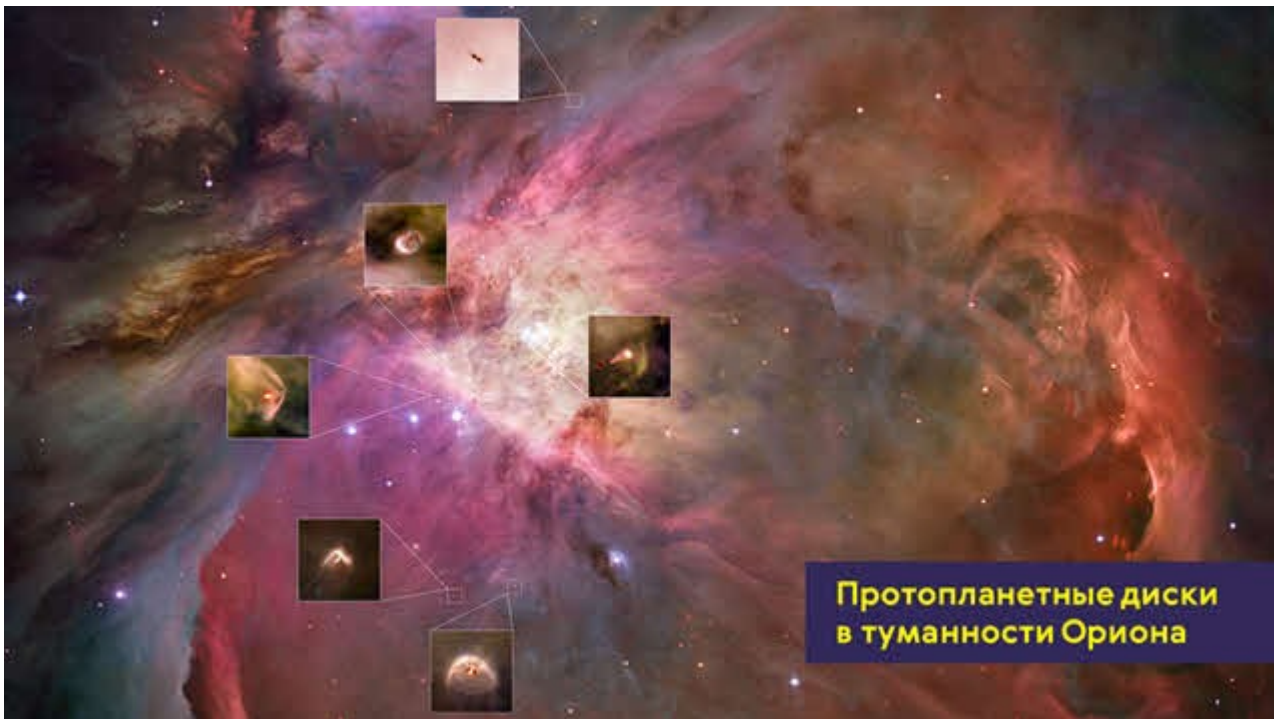
Очень часто на фоне светлых туманностей видны тёмные пятна и прожилки — это **глобулы** — **молекулярные облака**, которые иногда называют «звёздной колыбелью». Такое название не случайно, так как именно в них происходит формирование молодых звёзд. Масса глобул может колебаться $1\text{--}100M_{\odot}$.



Концентрация вещества в них достаточно большая, но при этом они обладают очень низкой температурой, которая колеблется в пределах от 8 К до 30 К. Именно в таких условиях гравитационные силы могут преодолеть газовое давление и вызвать коллапс облака. Возникающая при этом неоднородность отдельных частей облака приводит к тому, что оно распадается на отдельные фрагменты (сгустки), каждый из которых продолжает сжиматься. Такой процесс может повторяться до тех пор, пока не образуются фрагменты высокой плотности и вещество не сможет уносить выделяющееся тепло. Эти зародыши будущих звёзд принято называть **протозвёздами**. Продолжительность процесса образования протозвёзд невелика — всего около нескольких миллионов лет.

По мере роста массы протозвезды растёт и температура в её недрах. Когда она достигнет нескольких миллионов кельвинов, сжатие протозвезды прекратится, а в ядре включатся термоядерные источники энергии — реакции протон-протонного цикла. Момент начала термоядерных реакций есть момент рождения звезды.

Ближайшим к Земле звёздными яслями является хорошо известная нам Туманность Ориона. Она интересна ещё и тем, что в её центре с помощью космического телескопа «Хаббл» были обнаружены протозвёзды, окружённые протопланетными дисками.



Скорее всего, из вещества одного из таких дисков, который образовался вместе с будущим Солнцем, около 5 млрд лет назад сформировалась наша Земля и все другие тела Солнечной системы.

Тёмные газопылевые туманности, как и глобулы, представляют собой практически непрозрачные молекулярные облака, которые выглядят на небе как тёмные области, почти лишённые звёзд. Самая большая и близко расположенная к нам тёмная туманность протянулась от созвездия Орла до созвездия Скорпиона. Она вызывает хорошо заметное раздвоение Млечного Пути.

Тёмные туманности отличаются от глобул тем, что они связаны с гигантскими молекулярными облаками, а также чаще всего являются скоплениями тёмных туманностей. Глобулами же называются отдельные изолированные тёмные туманности. Примерами тёмных туманностей являются туманности Конская Голова, Угольный Мешок и Туманность Змея в созвездии Змееносца.



Кроме разреженного газа и пыли, в межзвёздном пространстве со скоростями, близкими к скорости света, движется огромное количество элементарных частиц и ядер различных атомов. Их потоки называют **космическими лучами**. А основными источниками частиц являются остатки сверхновых звёзд и пульсары. Изучение космических лучей позволило итальянскому учёному Энрико Ферми получить свидетельства существования **межзвёздного магнитного поля**.

