Строение Солнца. Мы не можем непосредственно заглянуть внутрь Солнца, поэтому представление о его внутреннем строении получаем только на основе теоретического анализа, используя наиболее общие законы физики и такие характеристики Солнца, как масса, радиус, светимость.

Солнце не расширяется и не сжимается, оно находится в гидростатическом равновесии, так как силе гравитации, стремящейся сжать Солнце, препятствует сила газового давления изнутри.

Расчёты показывают, что для поддержания гидростатического равновесия температура в центре Солнца должна быть примерно 15 • 106 К. На расстоянии 0,7До температура падает до порядка 10б К. Плотность вещества в центре Солнца около 1,5 ■ 105 кг/м3, что более чем в 100 раз выше его средней плотности.

Термоядерные реакции протекают в центральной области Солнца радиусом, примерно равным 0,3\_Ro.

Центральная область Солнца, в которой протекают термоядерные реакции, называется ядром.

Вне ядра температура недостаточна для протекания термоядерных реакций.

Энергия, выделившаяся в ядре Солнца, переносится наружу, к поверхности, двумя способами: лучистым и конвективным переносами. В первом случае энергия переносится излучением, во втором — при механических движениях нагретых масс вещества.

Лучистый перенос энергии про- исходит в ядре до расстояний (0,6— 0,7)RQ от центра Солнца, далее к поверхности энергия переносится конвекцией. Проявление конвекции наблюдается в виде грануляции в фотосфере. Полное время, которое требуется энергии, выделившейся в ядре, чтобы достигнуть поверхности Солнца, составляет около 10 млн лет. Так что свет и тепло, которые согревают и освещают нашу Землю сегодня, были выработаны в термоядерных реакциях в центре Солнца 10 млн лет назад.

Конечно, астрономы ищут способы заглянуть внутрь Солнца и проверить теоретические представления о его строении. На этом пути им на помощь пришли физики, изучающие элементарные

частицы. Дело в том, что при термоядерных реакциях синтеза гелия из водорода наряду с выделением энергии происходит рождение элементарных частиц — нейтрино. В отличие от излучения нейтрино практически не задерживаются веществом. Возникая в недрах Солнца и распространяясь со скоростью, близкой к скорости света, они через 2 с покидают поверхность Солнца и через 8 мин достигают Земли. Для наблюдений солнечных нейтрино был построен специальный нейтринный телескоп, который в течение многолетних наблюдений и зарегистрировал ожидаемый поток нейтрино от Солнца. Эти наблюдения окончательно подтвердили правильность наших теоретических моделей строения Солнца как звезды. Поэтому мы в полной мере можем использовать полученные результаты для разработки моделей других звёзд.

Другие звёзды главной последовательности по строению во многом похожи на Солнце.

Красные гиганты и сверхгиганты. Отличительной особенностью этих звёзд является отсутствие ядерных реакций в самом центре, несмотря на высокие температуры. Ядерные реакции протекают в тонких слоях вокруг плотного центрального ядра. Так как температура звезды уменьшается к поверхности, то в каждом слое идёт определённый тип термоядерных реакций.

В самых внешних слоях ядра, где температура составляет около 15 • 106 К, из водорода образуется гелий; глубже, где температура выше, из гелия образуется углерод; далее из углерода — кислород, и в самых глубоких слоях у очень массивных звёзд при термоядерных реакциях образуется железо.

Итак, в красных гигантах и сверхгигантах формируются слоевые источники энергии и образуется большинство химических элементов вплоть до атомов железа.

Белые карлики. Эти звёзды были названы белыми карликами, так как сначала среди них были обнаружены звёзды белого цвета, а значительно позже — жёлтого и других цветов. Размеры их небольшие, всего лишь тысячи и десятки тысяч километров, т. е. они сравнимы с размерами Земли. Но их массы близки к массе Солнца, и поэтому их средняя плотность — сотни килограммов в кубическом сантиметре. Примером такой звезды служит спутник Сириуса, обозначаемый обычно как Сириус В. У этой звезды спектрального класса А с температурой 9000 К диаметр лишь в 2,5 раза превышает диаметр Земли, а масса равна солнечной, так что средняя плотность превышает 100 кг/см3.

Пульсары и нейтронные звёзды. В 1967 г. астрономы с помощью радиотелескопов обнаружили удивительные радиоисточники, которые испускали периодические импульсы радиоизлучения.

Астрономические объекты, испускающие периодические импульсы радиоизлучения, получили название пульсаров.

Периоды импульсов пульсаров (пульсаров сейчас известно свыше 400) заключены в пределах от не скольких секунд до °’001 с- Удаляет высокая стабильность повторения импульсов; так, первый открытый, пульсар, который обозначается как, расположенный в неприметном созвездии Лисички, имел период.

Высокая стабильность периода, доступная только при измерении современными атомными часами, заставила вначале предположить, что астрономы имеют дело с сигналами, посылаемыми внеземными цивилизациями. В конце концов было доказано, что явление пульсации возникает в результате быстрого вращения звёзд, причём период следования импульсов равен периоду вращения нейтронной звезды.

Эти необычные звёзды имеют радиусы около 10 км и массы, сравнимые с солнечной. Плотность нейтронной звезды фантастическая и равна 2 • 1017 кг/м3. Она сравнима с плотностью вещества в ядрах атомов. При такой плотности вещество звезды состоит из плотно упакованных нейтронов.

Звёзды, вещество которых состоит из плотно упакованных нейтронов, получили название нейтронных звёзд.

Чёрные дыры. В конце XVIII в. известный астроном и математик П. Лаплас (1749-1827) привёл простые, основанные на теории тяготения Ньютона рассуждения, которые позволили предсказать существование необычных объектов, получивших название чёрных дыр. Известно, что для преодоления притяжения небесного тела массой М и радиусом R нужна вторая космическая (параболическая) скорость v2 = ■ При меньшей скорости тело станет спутником небесного тела, при и > и2 оно навсегда покинет небесное тело и никогда не вернётся к нему. Для Земли и2 = 11,2 км/с, на поверхности Солнца и2 = 617 км/с. На поверхности нейтронной звезды массой, равной массе Солнца, и радиусом около 10 км и2 = 170 000 км/с и составляет всего около 0,6 скорости света. Как видно из формулы, при радиусе небесного тела R = 2GM/c2 вторая космическая скорость будет равна скорости света с = 300 ООО км/с. При ещё меньших размерах вторая космическая скорость будет превышать скорость света. По этой причине даже свет не сможет покинуть такое небесное тело и дать информацию о процессах, происходящих на его поверхности, нам — далёким наблюдателям.

Чёрная дыра — область пространства, в которой гравитационное притяжение настолько сильно, что вторая космическая скорость для находящихся в этой области тел должна была бы превышать скорость света, что невозможно, поэтому ни вещество, ни излучение не могут эту область покинуть.

В настоящее время обнаружены чёрные дыры в составе двойных звёздных систем. Так, в созвездии Лебедя наблюдается тесная двойная система, одна из звёзд, излучающая видимый свет, — обычная звезда спектрального класса В, другая — невидимая звезда малого размера — излучает рентгеновские лучи и имеет массу около 10М0. Эта невидимая звезда представляет собой чёрную дыру с размерами около 30 км. Рентгеновское излучение испускает не сама чёрная дыра, а нагретый до нескольких миллионов градусов диск, вращающийся вокруг чёрной дыры. Этот диск состоит из вещества, которое чёрная дыра своим тяготением вытягивает из яркой звезды (см. рис. XV на цветной вклейке).