**Диаграмма «спектр — светимость»**

Как и Солнце, звезды освещают Землю, но из-за огромного расстояния до них освещенность, которую они создают на Земле, на много порядков меньше солнечной. По этой причине и возникают технические проблемы при измерениях освещенности от звезд. Астрономы строят гигантские телескопы, чтобы уловить слабые излучения звезд. Чем больше диаметр объектива телескопа, тем более слабые звезды можно с его помощью исследовать.

Измерения показали, что среди звезд встречаются звезды в сотни тысяч раз более мощные, чем Солнце, и звезды со светимостями в десятки тысяч раз меньшими, чем у Солнца.

Измерения температур поверхности звезд показали, что температура поверхности звезды определяет ее видимый цвет и наличие спектральных линий поглощения тех или иных химических элементов в ее спектре. По температуре, по цвету и виду спектра все звезды разбили на спектральные классы, которые обозначаются буквами О, В, A, F, G, К, М. Спектральная классификация звезд приведена ниже в таблице.

Имеется еще одна интересная связь между спектральным классом звезды и ее светимостью, которая представляется в виде диаграммы «спектр — светимость (в светимостях Солнца)» (ее еще называют диаграммой Герцшпрунга—Рессела в честь двух астрономов — Э. Герцшпрунга и Г. Рессела, построивших ее):

На диаграмме четко выделяются четыре группы звезд:

**1. Главная последовательность**

На главную последовательность ложатся параметры большинства звезд. К звездам главной последовательности относится и наше Солнце. Плотности звезд главной последовательности сравнимы с солнечной плотностью.

**2. Красные гиганты**

К этой группе в основном относятся звезды красного цвета с радиусами, в десятки раз превышающими солнечный, например звезда Арктур (*α* Волопаса), радиус которой превышает солнечный в 25 раз, а светимость — в 140 раз.

**3. Сверхгиганты**

Сверхгиганты – это звезды со светимостями, в десятки и сотни тысяч раз превышающими солнечную. Радиусы этих звезд в сотни раз превышают радиус Солнца. К сверхгигантам красного цвета относится Бетельгейзе (*α* Ориона). При массе примерно в 15 раз больше солнечной ее радиус превышает солнечный почти в 1000 раз. Средняя плотность этой звезды составляет всего 2⋅10−11 кг/м3кг/м3, что более чем в 1 000 000 раз меньше плотности воздуха.

**4. Белые карлики**

Белые карлики – это группа звезд в основном белого цвета со светимостями в сотни и тысячи раз меньше солнечной. Они расположены слева внизу диаграммы. Эти звезды имеют радиусы почти в сто раз меньше солнечного и по размерам сравнимы с планетами. Примером белого карлика служит звезда Сириус В — спутник Сириуса. При массе, почти равной солнечной, и размере, в 2,5 раза большем, чем размер Земли, эта звезда имеет гигантскую среднюю плотность *ρ*=3⋅108кг/м3.

Наблюдаемые отличия звезд разных групп объясняются связью между светимостью, температурой и радиусом звезды (эта связь используется также для определения температуры Солнца).

Массы звезд удалось измерить только у звезд, входящих в состав двойных систем. И они определялись по параметрам орбит звезд и периоду их обращения вокруг друг друга с использованием третьего обобщенного закона Кеплера. Оказалось, что массы всех звезд лежат в пределах:

0,05М​⩽М⩽100*M*

Для звезд главной последовательности имеется связь между массой звезды и ее светимостью: чем больше масса звезды, тем больше ее светимость.

*L*з​≈*Lbigcirc*​(*M*◯​*M*​)4

**Источник энергии Солнца и звезд**

По современным представлениям, источником энергии, поддерживающим излучения Солнца и звезд, служит ядерная энергия, которая выделяется при термоядерных реакциях образования (синтеза) ядер атомов гелия из ядер атомов водорода.

Энергия связи – это энергия, выделяемая при реакции синтеза из четырех ядер атомов водорода (четырех протонов), она равна  Δ*E*=4,8⋅10−12.

Помимо энергии связи при реакции синтеза из четырех ядер атомов водорода (четырех протонов) образуется ядро атома гелия, две элементарные частицы нейтрино и два позитрона (4Н→Не+2е+2*ν*+ΔЕ).

Для протекания ядерных реакций необходима температура выше нескольких миллионов кельвинов, при которой участвующие в реакции протоны с одинаковыми зарядами смогли бы получить достаточную энергию для взаимного сближения, преодоления электрических сил отталкивания и слияния в одно новое ядро. В результате термоядерных реакций синтеза из водорода массой 1 кг образуется гелий массой 0,99 кг, дефект масс  Δ*m*=0,01 кг и выделяется энергия *q*=Δ*mc*2=9⋅1014 Дж.

Теперь можно оценить, на сколько времени хватит у Солнца запасов водорода, чтобы поддерживать наблюдаемое свечение Солнца, т. е. время жизни Солнца. Запас ядерной энергии  Е=*Mq*=2⋅1030⋅9⋅1014=1,8⋅1045 Дж. Если поделить этот запас ядерной энергии на светимость Солнца *L*​, то мы получим время жизни Солнца:

*t*​=*LE*​=*L*​*M*​*q*​=1,5⋅1011 лет

Если учесть, что Солнце состоит по крайней мере на 70% из водорода и ядерные реакции протекают только в центре, в солнечном ядре, масса которого составляет около 0,1М​ и где температура достаточно высокая для протекания термоядерных реакций, то время жизни Солнца и звезд, похожих на Солнце, составит *t*=10^10 лет.

Термоядерные реакции синтеза гелия из водорода являются источником энергии звезд главной последовательности.