**Группа:20-ПСО-2д**

**ДАТА:13.01.21г**

**Предмет: Астрономия**

**Тема: Расстояние до звезд**

**Расстояния до звезд.**

[22.1 Годичный параллакс и расстояния до звезд](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb1)  
[**22.2 Видимая и абсолютная звездные величины. Светимость звезд**](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb2)[**22.3 Спектры, цвет и температура звезд**](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb3)[**22.4 Диаграмма «спектр-светимость»**](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb4)[**22.5 Пример решения задачи**](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb5)  
[22.6 Вопросы](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb6)  
[22.7 Упражнение 18](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm#lb7)

Наше Солнце справедливо называют типичной звездой, но среди огромного многообразия мира звезд есть немало таких, которые значительно отличаются от него по физическим характеристикам. Поэтому более полное представление о звездах дает такое определение:

**Звезда — это пространственно обособленная, гравитационно-связанная непрозрачная для излучения масса вещества, в которой в значительных масштабах происходили, происходят или будут происходить термоядерные реакции превращения водорода в гелий.**

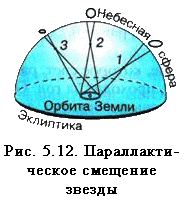
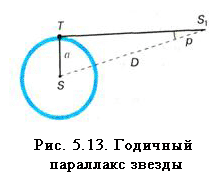
Солнце существует уже несколько миллиардов лет, и мало изменилось за это время, поскольку в его недрах все еще происходят термоядерные реакции, в результате которых из четырех протонов (ядер водорода) образуется альфа-частица (ядро гелия, состоящее из двух протонов и двух нейтронов). Более массивные звезды расходуют запасы водорода значительно быстрее (за десятки миллионов лет). После того как водород израсходован, начинаются реакции между ядрами гелия с образованием устойчивого изотопа углерод-12 и другие реакции, продуктами которых являются кислород и тяжелые элементы (натрий, сера, магний и т. д.). Таким образом в недрах звезд образуются ядра многих химических элементов, вплоть до железа.

У наиболее массивных звезд прекращение всех возможных термоядерных реакций сопровождается мощным взрывом, который наблюдается как вспышка сверхновой звезды.

Все элементы, которые входят в состав нашей планеты и всего живого на ней, образовались в результате термоядерных реакций, происходивших в звездах, поэтому звезды не только самые распространенные во Вселенной объекты, но и самые важные для понимания происходящих в ней явлений и процессов.

***[Вверх](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm" \l "lb0)***

**22.1 Годичный параллакс и расстояния до звезд**

Мысли о том, что звезды — это далекие солнца, высказывались еще в глубокой древности. Однако долгое время оставалось неясным, как далеко они находятся от Земли. Еще Аристотель понимал, что если Земля движется, то, наблюдая положение какой-либо звезды из двух диаметрально противоположных точек земной орбиты, можно заметить, что направление на звезду изменится (рис. 5.12). Это кажущееся (параллактическое) смещение звезды будет служить мерой расстояния до нее: чем оно больше, тем ближе к нам расположена звезда. Но не только самому Аристотелю, но даже значительно позднее Копернику не удалось обнаружить это смещение. Только в конце первой половины XIX в., когда телескопы были оборудованы приспособлениями для точных угловых измерений, удалось измерить такое смещение у ближайших звезд.

**Годичным параллаксом звезды *р*называют угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а. с), перпендикулярную направлению на звезду (рис. 5.13).**

Расстояние до звезды

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img133.gif

где *а*— большая полуось земной орбиты. Заменив синус малого угла величиной самого угла, выраженной в радианной мере, и приняв *а =*1 а. е., получим следующую формулу для вычисления расстояния до звезды в астрономических единицах:

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img134.gif

В 1837 г. впервые были осуществлены надежные измерения годичного параллакса. Русский астроном ***Василий Яковлевич Струве***(1793—1864) провел эти измерения для ярчайшей звезды Северного полушария Беги (α Лиры). Почти одновременно в других странах определили параллаксы еще двух звезд, одной из которых была α Центавра. Эта звезда, которая с территории России не видна, оказалась ближайшей к нам. Даже у нее годичный параллакс составил всего 0,75*"*. Под таким углом невооруженному глазу видна проволочка толщиной 1 мм с расстояния 280 м. Поэтому неудивительно, что столь малые угловые смещения так долго не могли заметить.

Расстояние до ближайшей звезды, параллакс которой *р*= 0,75*"*, составляет http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img135.gif= 270 000 а. е. Единицами для измерения столь значительных расстояний являются парсек и световой год.

*Парсек* — это такое расстояние, на котором параллакс звезд равен 1′. Отсюда и название этой единицы: пар — от слова «параллакс», сек — от слова «секунда». Расстояние в парсеках равно обратной величине годичного параллакса. Например, поскольку параллакс а Центавра равен 0,75*"*, расстояние до нее равно 1,3 парсека.

*Световой год*— это такое расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью 300 000 км/с, проходит за год. От ближайшей звезды свет идет до Земли свыше четырех лет, тогда как от Солнца около восьми минут, а от Луны немногим более одной секунды.

1 пк (парсек) = 3,26 светового года = 206 265 а. е. = 3 •1013 км.

К настоящему времени с помощью специального спутника «Гиппаркос» измерены годичные параллаксы более 118 тыс. звезд с точностью 0,001*"*.

Таким образом, теперь измерением годичного параллакса можно надежно определить расстояния до звезд, удаленных от нас на 1000 пк, или 3000 св. лет. Расстояние до более далеких звезд определяются другими методами.

***[Вверх](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm" \l "lb0)***

**22.2 Видимая и абсолютная звездные величины. Светимость звезд**

После того как астрономы получили возможность определять расстояния до звезд, выяснилось, что звезды, находящиеся на одинаковом расстоянии, могут отличаться по видимой яркости. Стало очевидно, что звезды имеют различную *светимость.*Солнце кажется самым ярким объектом на небе только потому, что оно находится гораздо ближе всех остальных звезд.

**Светимостью называется полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени.**

Она выражается в абсолютных единицах (ваттах) или в единицах светимости Солнца.

В астрономии принято сравнивать звезды по светимости, рассчитывая их видимую яркость (звездную величину) для одного и того же стандартного расстояния — 10 пк.

**Видимая звездная величина, которую имела бы звезда, если бы находилась от нас на расстоянии *D0*= 10 пк, получила название абсолютной звездной величины *М.***

Рассмотрим, как можно определить абсолютную звездную величину *М,*зная расстояние до звезды *D*(или параллакс — *р)*и ее видимую звездную величину *т.*Напомним, что яркость двух источников, звездные величины которых отличаются на единицу, отличается в 2,512 раза. Для звезд, звездные величины которых равны *т1* и *т2*(соответственно), отношение их яркостей *I1* и *I*2 выражается соотношением:

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img136.gif

Для видимой и абсолютной звездных величин одной и той же звезды отношение яркостей будет выглядеть так:

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img137.gif

где *I0* — яркость этой звезды, если бы она находилась на расстоянии *D0* = 10 пк.

В то же время известно, что видимая яркость звезды меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до нее. Поэтому

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img138.gif

Следовательно,

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img139.gif

Логарифмируя это выражение, находим

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img140.gif

или

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img141.gif

или

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img142.gif

Абсолютная звездная величина Солнца *http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img143.gif.*Иначе говоря, с расстояния 10 пк наше Солнце выглядело бы как звезда пятой звездной величины.

Зная абсолютную звездную величину звезды *М*, легко вычислить ее светимость *L.*Считая светимость Солнцаhttp://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img144.gif  , получаем:

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img145.gif

или

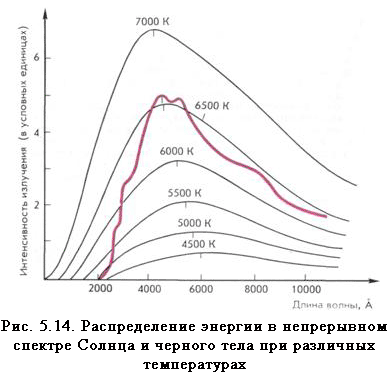
http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img149.gif

По светимости (мощности излучения) звезды значительно отличаются друг от друга: некоторые излучают энергию в несколько миллионов раз больше, чем Солнце, другие — в сотни тысяч раз меньше. Абсолютные звездные величины звезд наиболее высокой светимости (гигантов и сверхгигантов) достигают *М= -*http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img146.gif, а звезды-карлики, обладающие наименьшей светимостью, имеют абсолютную звездную величину *М*= +http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img147.gif.

***[Вверх](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm" \l "lb0)***

**22.3 Спектры, цвет и температура звезд**

Всю информацию о звездах можно получить только на основе исследования приходящего от них излучения. Наблюдая звезды, можно заметить, что они имеют различный цвет. Хорошо известно, что цвет любого нагретого тела, в частности звезды, зависит от его температуры. Более полное представление об этой зависимости дает изучение звездных спектров. Для большинства звезд это спектры поглощения, в которых на фоне непрерывного спектра наблюдаются темные линии.

Температуру наружных слоев звезды, от которых приходит излучение, определяют по распределению энергии в непрерывном спектре (рис. 5.14). Длина волны, на которую приходится максимум излучения, зависит от температуры излучающего тела. По мере увеличения температуры положение максимума смещается от красного к фиолетовому концу спектра. Количественно эта зависимость выражается законом Вина:

http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img148.gif

гдеhttp://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img152.gif — длина волны (в см), на которую приходится максимум излучения, а *T*— абсолютная температура.

Как оказалось, эта температура для различных типов звезд заключена в пределах от 2500 до 50 000 К. Изменение температуры меняет состояние атомов и молекул в атмосферах звезд, что отражается в их спектрах. По ряду характерных особенностей спектров звезды разделены на спектральные классы, которые обозначены латинскими буквами и расположены в порядке, соответствующем убыванию температуры: О, В, A, F, G, К, М.

У наиболее холодных (красных) звезд класса М в спектрах наблюдаются линии поглощения некоторых двухатомных молекул (например, оксидов титана, циркония и углерода). Примерами звезд, температура которых около 3000 К, являются Антарес и Бетельгейзе.

В спектрах желтых звезд класса G с температурой около 6000 К, к которым относится и Солнце, преобладают линии металлов: железа, натрия, кальция и т. д. По температуре, спектру и цвету сходна с Солнцем звезда Капелла.

Для спектров белых звезд класса А, которые имеют температуру около 10 000 К (Вега, Денеб и Сириус), наиболее характерны линии водорода и множество слабых линий ионизованных металлов. В спектрах наиболее горячих звезд появляются линии нейтрального и ионизованного гелия.

Различия звездных спектров объясняются отнюдь не разнообразием их химического состава, а различием температуры и других физических условий в атмосферах звезд. Изучение спектров показывает, что преобладают в составе звездных атмосфер (и звезд в целом) водород и гелий. На долю всех остальных химических элементов приходится не более нескольких процентов.

Измерение положения спектральных линий позволяет не только получить информацию о химическом составе звезд, но и определить скорость их движения. Если источник излучения (звезда или любой другой объект) приближается к наблюдателю или удаляется от него со скоростью *http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img153.gif,*то наблюдатель будет регистрировать изменение длины волны принимаемого излучения. В случае уменьшения расстояния между наблюдателем и звездой длина волны уменьшается, и соответствующая линия смещается к сине-фиолетовому концу спектра. При удалении звезды длина волны излучения увеличивается, а линия смещается в красную его часть. Это явление получило название ***эффекта Доплера,***согласно которому зависимость разности длин волн от скорости источника по лучу зрения и скорости света выражается следующей формулой:

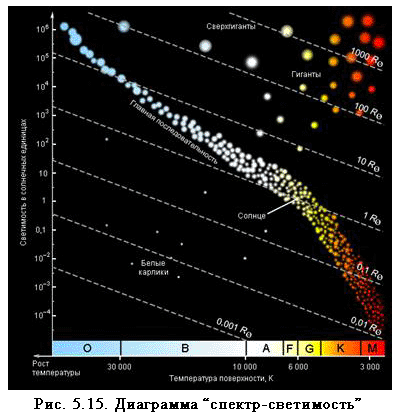
http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img154.gif

гдеhttp://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img155.gif — длина волны спектральной линии для неподвижного источника, а http://astro.murclass.ru/Voroncov/image/img156.gif— длина волны в спектре движущегося источника.

Эффект Доплера наблюдается в оптической и других областях спектра и широко используется в астрономии.

***[Вверх](http://astro.murclass.ru/Voroncov/page/22.htm" \l "lb0)***

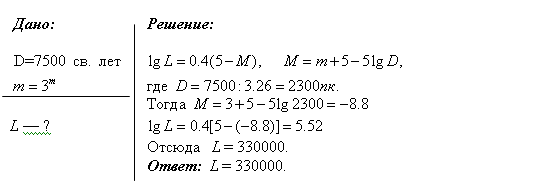
**22.4 Диаграмма «спектр-светимость»**

Полученные данные о светимости и спектрах звезд уже в начале XX в. были сопоставлены двумя астрономами — ***Эйнар Герцшпрунгом***(Голландия) и ***Генри Ресселлом***(США) — и представлены в виде диаграммы, которая получила название «диаграмма Герцшпрунга—Ресселла». Если по горизонтальной оси отложены спектральные классы (температура) звезд, а по вертикальной — их светимости (абсолютные звездные величины), то каждой звезде будет соответствовать определенная точка на этой диаграмме (рис. 5.15). В результате обнаруживается определенная закономерность в расположении звезд на диаграмме — они не заполняют все ее поле, а образуют несколько групп, названных *последовательностями.*Наиболее многочисленной (примерно 90% всех звезд) оказалась *главная последовательность,*к числу звезд которой принадлежит наше Солнце (его положение отмечено на диаграмме кружочком). Звезды этой последовательности отличаются друг от друга по светимости и температуре и взаимосвязь этих характеристик соблюдается весьма строго: *самую высокую светимость имеют наиболее горячие звезды, а по мере уменьшения температуры светимость падает.*Красные звезды малой светимости получили название *красных карликов.*Вместе с тем на диаграмме существуют и другие последовательности, где подобная закономерность не соблюдается. Особенно заметно это среди более холодных (красных) звезд: помимо звезд, принадлежащих главной последовательности и потому имеющих малую светимость, на диаграмме представлены звезды высокой светимости, которая практически не меняется при изменении их температуры. Такие звезды принадлежат двум последовательностям *(гиганты*и *сверхгиганты),*получившим эти названия вследствие своей светимости, которая значительно превосходит светимость Солнца. Особое место на диаграмме занимают горячие звезды малой светимости — *белые карлики.*

Лишь к концу XX в., когда объем знаний о физических процессах, происходящих в звездах, существенно увеличился и стали понятными пути их эволюции, удалось найти теоретическое обоснование тем эмпирическим закономерностям, которые отражает диаграмма «спектр — светимость».

**Пример решения задачи**

Какова светимость звезды *ζ*Скорпиона, если ее звездная величина 3*m*, а расстояние до нее 7500 св. лет?



**Домашнее задание:**

**Вопросы**

1. Как определяют расстояния до звезд?  
2. От чего зависит цвет звезды?  
3. В чем главная причина различия спектров звезд?  
4. От чего зависит светимость звезды?

**Упражнение 18**

1. Во сколько раз Сириус ярче, чем Альдебаран? Солнце ярче, чем Сириус?  
2. Одна звезда ярче другой в 16 раз. Чему равна разность их звездных величин?  
3. Параллакс Веги 0,11′. Сколько времени идет свет от нее до Земли?  
4. Сколько лет надо было бы лететь по направлению к созвездию Лиры со скоростью 30 км/с, чтобы Вега стала вдвое ближе?  
5. Во сколько раз звезда 3,4 звездной величины слабее, чем Сириус, имеющий звездную величину - 1,6? Чему равны абсолютные величины этих звезд, если расстояние до каждой составляет 3 пк?