

Учебный предмет ОУП. 08 Астрономия

Преподаватель Корабельников Василий Николаевич

Тема: Годичный параллакс и расстояния до звезд. Светимость, спектр, цвет и температура различных классов звезд. Диаграмма «спектр—светимость». Массы и размеры звезд.

Теоретическая справка.

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. 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 p называют угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты (равную 1 а. е.), перпендикулярную направлению на звезду.

Расстояние до звезды. $D = a/\sin(p)$

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

$$D = 206265''/p$$

О расстояниях до звезд и их светимости

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 Веги (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 $p = 0,75''$, составляет $D = 206265''/0,75'' = 270000$ 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 альфы 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

четырёх 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. = $3 \cdot 10^{13}$ км. К настоящему времени с помощью специального спутника «Гиппаркос» измерены годовые параллаксы более 118 тыс. звезд с точностью 0,001".

Таким образом, теперь измерением годового 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. 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 $D_0 = 10$ пк, получила название абсолютной звездной величины M . Рассмотрим, как можно определить абсолютную звездную величину M , зная расстояние до звезды D (или параллакс - p) и ее видимую звездную величину m . Напомним, что яркость двух источников, звездные величины которых отличаются на единицу, отличается в 2,512 раза. Для звезд, звездные величины которых равны m_1 и m_2 (соответственно), отношение их яркостей I_1 и I_2 выражается соотношением:

$$I_1 : I_2 = 2,512^{m_2 - m_1}$$

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

$$I : I_0 = 2,512^{M - m}$$

где I_0 - яркость этой звезды, если бы она находилась на расстоянии $D_0 = 10$ пк.

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

$$I : I_0 = D^2_0 : D^2$$

Следовательно, $2,512^{M - m} = D^2_0 : D^2$. Логарифмируя это выражение, находим

$$0,4(M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2, \text{ или}$$

$$M = m + 5 - 5 \lg D, \text{ или}$$

$$M = m + 5 + \lg p.$$

Абсолютная звездная величина Солнца $M_0 = 5m$. Иначе говоря, с расстояния 10 пк наше Солнце выглядело бы как звезда пятой звездной величины.

Зная абсолютную звездную величину звезды M , легко вычислить ее светимость L . Считая светимость Солнца $L_0 = 1$, получаем:

$$L = 2,512^{5 - M}, \text{ или } \lg L = 0,4(5 - M).$$

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 $M = -9m$, а звезды-карлики, обладающие наименьшей светимостью, имеют абсолютную звездную величину $M = +17m$.

<https://www.youtube.com/watch?v=VfbveDCNBK8>

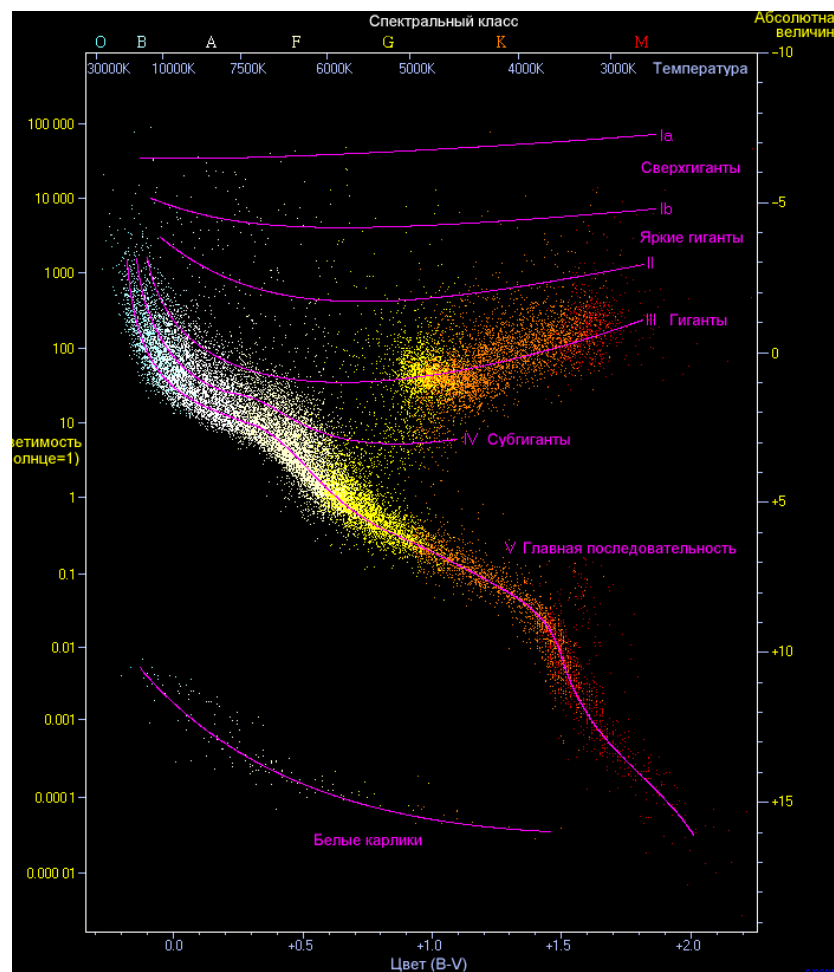
Диаграмма спектр — светимость

Диаграмма Герцшпрунга Рассела (варианты транслитерации: *диаграмма Герцшпрунга — Рассела*, *Расселла*, или просто *диаграмма Г-Р* или *диаграмма цвет — звездная величина*) показывает зависимость между абсолютной звездной величиной, светимостью, спектральным классом и температурой поверхности звезды. Неожиданным является тот факт, что звезды на этой диаграмме располагаются не случайно, а образуют хорошо различимые участки.

Была предложена в 1910 независимо Эйнером Герцшпрунгом (Дания) и Генри Расселом (США). Диаграмма используется для классификации звезд и соответствует современным представлениям о звездной эволюции.

Диаграмма даёт возможность (хотя и не очень точно) найти абсолютную величину по спектральному классу. Особенно для спектральных классов О — F. Для поздних классов это осложняется необходимостью сделать выбор между гигантом и карликом. Однако определённые различия в интенсивности некоторых линий позволяют уверенно сделать этот выбор.^[1]

Около 90 % звезд находятся на главной последовательности. Их светимость обусловлена ядерными реакциями превращения водорода в гелий. Выделяется также несколько ветвей проэволюционировавших звезд — гигантов, в которых происходит горение гелия и более тяжёлых элементов. В левой нижней части диаграммы находятся полностью проэволюционировавшие белые карлики.



Виды диаграммы

Существует несколько видов диаграммы и их наименование не очень тщательно определено. В начале диаграмма показывала спектральный класс звезды по горизонтальной оси и абсолютную звездную величину по вертикальной. Спектральный тип можно отображать на диаграмме так как это не числовая величина и современные версии диаграммы представлю здесь цветовой индекс $B-V$ звезд. Этот тип диаграммы часто называют Диаграмма Герцшпрунга —

Рассела или цвет —

звездная величина и часто используется наблюдателями. Если звезды находятся на близких одинаковых расстояниях (например звезды скоплений) то диаграмма часто используется для описания скопления и вертикальная ось становится просто звездной величиной.

https://www.youtube.com/watch?v=NrGT22dMu_E

Задание

1. Прочитать и посмотреть видео ресурс по ссылкам.
2. Составить конспект в тетради.
3. Массы и размеры звезд изучить самостоятельно

Задание присылать по адресу:

vasilijj-korabelnikov@rambler.ru