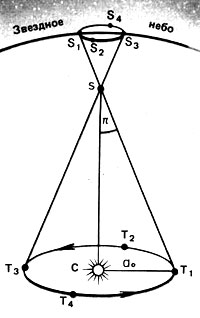
Тема: Расстояние до звезд

*Посмотрите на звёзды! Посмотрите, посмотрите на небеса!  
О, посмотрите на этих огненных жителей неба!*Жерард Менли Хопкинс “Звездная ночь”

Звезда дрожит среди вселенной…  
Чьи руки дивные несут  
Какой-то влагой драгоценной  
Столь переполненный сосуд?  
Звездой пылающей, топиром  
Земных скорбей, небесных слёз  
Зачем, о господи, над миром  
Ты бытиё моё вознёс?

Иван Алексеевич Бунин

Звезды — огромные пылающие шары, расположенные за пределами земной атмосферы на расстоянии в триллионы километров. На протяжении многих столетий астрономов волновала сложная задача определения расстояний до звезд.

Еще Н. Коперник понимал, что расстояния до звезд можно вычислить, если удастся измерить их годичное параллактическое смещение, вызываемое обращением Земли вокруг Солнца. Но в эпоху Коперника не было даже простейших телескопов, а невооруженным глазом параллактические смещения звезд не обнаруживаются.

Первые попытки обнаружить параллактическое смещение были предприняты английским астрономом Дж. Брадлеем (1693–1762), который с середины декабря 1725 г. по декабрь 1726 г. систематически измерял зенитное расстояние звезды гамма Дракона (2,4Т) в моменты ее верхней кульминации, надеясь таким образом обнаружить ее параллактическое смещение, но это сделать Брадлею не удалось.

Лишь через сто с лишним лет, в 1835–1837 гг., астрономическая техника “доросла” до измерения столь малых величин. Первые измерения расстояний до звезд в России сделаны Василием Яковлевичем Струве и почти одновременно произведены в Германии.

Измерение параллактического смещения звезд хотя и очень трудоемко, но является самым надежным, фундаментальным способом определения их расстояний.

Существуют и другие способы определения расстояний:

* зная абсолютную и видимую звёздную величину;
* по изменениям собственных движений звёзд;
* по анализу спектра звезды;
* по периоду изменения блеска цефеид, но их мы рассмотрим по мере изучения материала.

Итак, рассмотрим подробнее 1 способ. В нём тщательно измеряется положение звезды по отношению к другим звездам. Наблюдателю кажется, что по мере движения Земли вокруг Солнца близкие звезды перемещаются вперед и назад на фоне более отдаленных звезд.



На рисунке показаны положения Солнца (С), Земли (Т1 –Т4), звезды (S) и видимые положения ее на небе (S1 –S4). Через 6 месяцев, когда земные телескопы переместятся в диаметрально противоположную точку орбиты Земли, проводится повторное измерение положения звезды.

Смещения звезд очень малы. Например: Ближайшая соседка Солнца — слабенькая звездочка из созвездия Центавра, Проксима, что с греческого значит «ближайшая», смещается на 1,5».

Чтобы представить себе эту величину, нужно воткнуть на расстоянии 1 мм друг от друга две булавки и привязать к каждой по нитке. Отойти от булавок на 130 м и соединить свободные концы ниток. Угол, образовавшийся при этом между двумя нитками, и будет равен 1,5" дуги.

Итак, для определения расстояние до звезды используется половина параллактического смещения, т.е. годичный параллакс.

**Годичный параллакс (π)**- угол, под которым со звезды был бы виден средний радиус земной орбиты (а), расположенный перпендикулярно направлению на звезду.

Параллаксы звёзд очень малы, поэтому синусы углов можно заменить самими углами, выразив их в радианах.

На протяжении почти двух лет Струве определял параллактическое смещение яркой звезды Веги (*a* Лиры), а по нему вычислял расстояние до Солнца. Он нашел, что параллакс Веги составляет 0,123" и расстояние равно 1 650 000 а.е., а для самой близкой звезды Проксима расстояние равно 275 000 а.е..

Большие числа могут привести к ошибкам в вычислениях, поэтому для измерения расстояний до звезд введена специальная единица длины, названная парсеком. **Парсек** - расстояние до звезды, которое соответствует параллаксу в 1". Парсек– от слов “параллакс” и “секунда”.

**1 пк = 206265 а.е.**

**r = 1/π**

Таким образом, по годичному параллаксу и формуле расстояние вычисляется в парсеках, а затем уже переводится в световые года.

Рассмотрим соотношение между единицами.

Для измерения больших расстояний, используются более крупные единицы:

1 килопарсек (кпк) = 103 пк и 1 мегапарсек (Мпк) = 106 пк.

В литературе и реже — в науке расстояния до звезд выражаются также в световых годах (св. г.), показывающих, за сколько лет свет, излученный объектом, достигает Земли или Солнца (что по расстоянию одинаково).

**Световой год** — это путь, проходимый светом за 1 год.

1 а.е. = 1,496 – 108км

1 пк = 206265 а.е. = 3,08 – 1013км

1 св.год = 9,46 – 1012км

1 пк = 3,26 св.лет

***Проверка усвоения материала (тест)***

1. Какие единицы используют при измерении расстояний до звезд?

А. Световой год.

Б. Парсек.

В. Годичный параллакс.

2. Парсек — это ... (выберите правильное утверждение)

A. ... расстояние, которое свет проходит в течение года.

Б. ... расстояние, равное большой полуоси земной орбиты.

B. ... расстояние, с которого большая полуось земной орбиты, перпендикулярная лучу зрения, видна под углом в 1".

3. Годичный параллакс звезды — это …

A. ... угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую полуось земной орбиты, если она перпендикулярна лучу зрения.

Б. ... угол, под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный к лучу зрения.

B. ... угол, под которым виден с Земли диаметр Луны, перпендикулярный лучу зрения.

4. Самую низкую температуру имеют ...

A. ... белые звезды.

Б. ... желтые звезды.

B. ... красные звезды.

5. Основными элементами в атмосферах звезд являются ...

 А. ... азот и кислород, как в земной атмосфере.

 Б. ... водород и гелий, как в солнечной атмосфере.

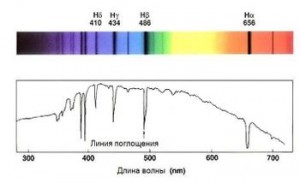
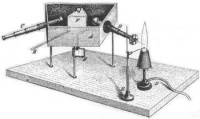
 B. ... молекулярный водород и метан, как в атмосфере планет-гигантов.

Тема: Физическая природа звезд

1. Спектры звезд [](http://www.astro.websib.ru/sites/default/files/userfiles/spektr.jpg)

Распределение цветов в спектре К О Ж З Г С Ф = запомнить можно например по тексту: Как Однажды Жак Звонарь Городской Сломал Фонарь.  
    Первым был Исаак Ньютон (1643-1727), который в своем труде «Оптика» (1704г) опубликовал результаты своих опытов разложения с помощью призмы белого света на отдельные компоненты различной цветности и преломляемости, т. е. получил спектры солнечного излучения (1665г, хотя спектр получен раньше Й.М. Марци (1648г) и Д. Б. Гримальди (1665г) но не объяснен ими), и объяснил их природу, показав, что цвет есть собственное свойство света, а не вносятся призмой, как утверждал Роджер Бэкон (1214-1294, Англия) в XIII столетии.

Уильям Волластон в 1802г наблюдал темные линии в солнечном спектре, а в 1814г их независимо обнаружил и подробно описал Йозеф фон ФРАУНГОФЕР (1787-1826, Германия) (они называются линиями Фраунгофера), но не смог объяснить их природу. Фраунгофер открыл, обозначил и описал 754 линии в солнечном спектре и отметил, что положение линии D близко к положению яркой желтой линии в спектре пламени. В 1814г он создал прибор для наблюдения спектров - спектроскоп.

Электромагнитный [спектр](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80). Густав Роберт КИРХГОФ (1824-1887, Германия) физик, работая [](http://www.astro.websib.ru/sites/default/files/userfiles/spectra.jpg)вместе с химиком Робертом Вильгельм БУНЗЕН (1811-1899, Германия) с 1854г, открыли [спектральный анализ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7) в результате  первых систематических исследований спектров солнечного света и пламени (открыв явление [](http://www.astro.websib.ru/sites/default/files/userfiles/kirchhoff_bunsen.jpg)обращения спектров - желтой линии натрия), назвав спектр непрерывным и сформулировали законы спектрального анализа (1859г), что послужило основой возникновения астрофизики:

1. Нагретое твердое тело дает непрерывный спектр.
2. Раскаленный газ дает эмиссионный спектр ([эмиссионные](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BC%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80)).
3. Газ, помещенный перед более горячим источником, дает темные линии поглощения ([спектры поглощения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80_%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)).

Уильям ХЕГГИНС (1824-1910, Англия) астроном, один из первых астроспектроскопистов, первым применив спектрограф начал спектроскопию звезд. В 1863г показал, что спектры Солнца и звезд имеют много общего и что их наблюдаемое излучение испускается горячим веществом и проходит через вышележащие слои более холодных поглощающих газов.

Спектры звезд – это их паспорт с описанием всех звездных закономерностей. По спектру звезды можно узнать ее светимость, расстояние до звезды, температуру, размер, химический состав ее атмосферы, скорость вращения вокруг оси, особенности движения вокруг общего центра тяжести.

1. Цвет звезд

ЦВЕТ - свойство света вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого излучения. Свет разных длин волн l возбуждает разные цветовые ощущения: от 380 до 470 нм имеют фиолетовый и синий цвет,  
от 470 до 500 нм — сине-зеленый,

от 500 до 560 нм — зеленый

Однако цвет сложного излучения не определяется однозначно его спектральным составом.  
Глаз чувствителен к длине волны, несущей максимальную энергию  λмах=b/T ([Закон Вина](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%B0), закон смещения, 1896г).

Во время наблюдений звездного неба вы могли заметить, что цвет звезд различен. Подобно тому как по цвету раскаленного металла можно судить о его температуре, так цвет звезды свидетельствует о температуре ее фотосферы. Зависимость между максимальной длиной волны излучения и температурой определяется законом Вина. У различных звезд максимум излучения приходится на разные длины волн. Вот примеры цвета ярких звезд:  [Список самых ярких звёзд](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%B0%D0%BC%D1%8B%D1%85_%D1%8F%D1%80%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%B7%D0%B2%D1%91%D0%B7%D0%B4)

|  |  |
| --- | --- |
| Красные - с  Т~3000К | [Бетельгейзе](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B5%D0%B9%D0%B7%D0%B5) (α Ориона) – сверхгигант 800R¤, 17М¤ , Т=3600К, r=650 св. лет. |
| Желтые - с Т~6000К | Солнце – карлик, 1 R¤, 1 М¤ , Т=5800К, r=1а.е. [Капелла](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0_(%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B0)) (α Βозничего) – гигант, 12 R¤ , 2,7 М¤, Т=5200К, r=42,5 св.лет. |
| Белые – с Т ~10000К | [Сириус](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%80%D0%B8%D1%83%D1%81) (α Б, Пса) – нормальная, 1,7 R¤, 2 М¤ , Т=10400К, r=8,6св. л. |
| Голубые (бело-голубые) Т~30000К | [Спика](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (α Девы) – нормальная, 7,8R¤, 7 М¤ , Т=22400К, r=260 св. л. |

В начале 20-го столетия (1903—1907гг) Эйнар Герцшпрунг (1873-1967, Дания) первым определяет цвета сотен ярких звезд.

Таким образом звезды имеют самые разные цвета. Доминирующий цвет в спектре звезды зависит от температуры ее поверхности. Газовая оболочка звезды ведет себя почти как идеальный излучатель (абсолютно черное тело) и вполне подчиняется классическим законам излучения М.Планка (1858–1947), Й.Стефана (1835–1893) и В.Вина (1864–1928), связывающим температуру тела и характер его излучения. Закон Планка описывает распределение энергии в спектре тела. Он указывает, что с ростом температуры повышается полный поток излучения, а максимум в спектре сдвигается в сторону коротких волн.

1. Температура звезд

Непосредственно связана с цветом и спектральной классификацией. Первое измерение температуры звезд произведено в 1909г германским астрономом Ю. Шейнер (1858-1913) с коллегами, проведя абсолютную фотометрию 109 звезд. Температура определяется по спектрам с помощью закона Вина [λ max.Т=b, где b=0,289782\*107Å.К - постоянная Вина, [Закон Вина](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%92%D0%B8%D0%BD%D0%B0), закон смещения, 1896г]. Температура видимой поверхности большинства звезд составляет от 2500 К до 50000 К. Хотя например недавно открытая звезда HD 93129A в созвездии Кормы имеет температуру поверхности 220000 К, а в декабре -2009г появилось сообщение что сфотографирована в центре [туманности Жук](http://en.wikipedia.org/wiki/NGC_6302) (NGC 6302) самая горячая в Галактике: температура на ее поверхности составляет, по разным оценкам, от 200 до 400 тысяч кельвинов! Самые холодные - Гранатовая звезда (m Цефея) и Мира (o Кита) имеют температуру 2300К, а e Возничего А - 1600 К.      [температура звезд](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D1%8B).

1. [Спектральная классификация звезд](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81)
2. Пионер звёздной [спектроскопии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F) Анжело Секки (1818-1878, Италия) создал первую классификацию звёздных спектров. В 1866 году он разбил наблюдаемые спектры звёзд на три класса в порядке убывания температуры поверхности звезды и соответствующего изменения цвета. В 1868 году Секки открыл [углеродные звёзды](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%B2%D0%B5%D0%B7%D0%B4%D0%B0), которые выделил в отдельную четвёртую группу. А в 1877 году он добавил пятый класс.

Класс I — белые и голубые звезды с широкими линиями поглощения водорода в спектре, такие, как [Вега](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B3%D0%B0) и [Альтаир](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D0%B8%D1%80);; включает в себя современные класс A и начало класса F.

Класс I, подтип Ориона — звёзды класса I с узкими линиями в спектре вместо широких полос, такие, как [Ригель](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B8%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D1%8C) и [γ Ориона](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D0%9E%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0); соответствует началу современного класса B.

Класс II — жёлтые и оранжевые звёзды со слабыми линями водорода, но с отчётливыми линями [металлов](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D1%8B), такие, как [Солнце](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%86%D0%B5), [Арктур](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80) и [Капелла](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BF%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0); включает в себя современные классы G и К, а также конец класса F.

Класс III — оранжевые и красные звёзды, в спектре которых линии образуют полосы, темнеющие в сторону синего, такие, как [Бетельгейзе](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B5%D0%B9%D0%B7%D0%B5) и [Антарес](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%81); соответствует современному классу М.

Класс IV — красные звёзды с сильными полосами и линиями углерода, углеродные звёзды.

Класс V — звёзды с эмиссионными линиями, такие, как [γ Кассиопеи](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0_%D0%9A%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D0%B8) и [β Лиры](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%82%D0%B0_%D0%9B%D0%B8%D1%80%D1%8B).

Все разнообразие звездных спектров можно уложить в логичную систему. Гарвардская спектральная классификация впервые была представлена в Каталоге звездных спектров Генри Дрэпера (1837-1882, США), подготовленного под руководством Э. Пикеринга (1846–1919). Сначала спектры были расставлены по интенсивности линий и обозначены буквами в алфавитном порядке. Но развитая позже физическая теория спектров позволила расположить их в температурную последовательность. Буквенное обозначение спектров не изменили, и теперь порядок основных спектральных классов от горячих к холодным звездам выглядит так: O B A F G K M. Между каждыми двумя классами введены подклассы, обозначенные цифрами от 0 до 9. Например, спектр типа A5 находится посередине между A0 и F0. К 1924г окончательно была установлена Энной Кэннон (1863-1941, США)  Гарвардская спектральная классификация звезд и создан на этой классификации каталог в 9 томах на 225330 звезд- HD. Дополнительными классами R, N и S обозначены спектры, похожие на K и M, но с иным химическим составом.  Дополнительными буквами иногда отмечают особенности звезд: «d» – карлик, «D» – белый карлик, «p» – пекулярный (необычный) спектр.

Порядок спектров можно запомнить по терминологии: = Один бритый англичанин

1. Химический состав звезд

Химический состав звезды отражает влияние двух факторов: природы межзвездной среды и тех ядерных реакций, которые развиваются в звезде в течение ее жизни. Начальный состав звезды близок к составу межзвездной материи - газопылевого облака,  из которого возникла звезда  
    Определяется по спектру (интенсивности фраунгоферовых линий в спектре). Разнообразие спектров звезд объясняется прежде всего их разной температурой, кроме того вид спектра зависит от давления и плотности фотосферы, наличием магнитного поля, особенностями химического состава. Звезды состоят в основном из водорода и гелия (95-98% массы) и других ионизированных атомов, а у холодных в атмосфере присутствуют нейтральные атомы и даже молекулы.  
    По мере повышения температуры состав частиц, способных существовать в атмосфере звезды, конечно, упрощается. Спектральный анализ звёзд классов О, B, A (температура от 50 000 до 10 000°С) показывает в их атмосферах линии ионизированных  водорода и гелия и ионы металлов, в классе К (5000°С) обнаруживаются уже радикалы, а в классе М (3800°С) - даже молекулы оксидов.  
    Очень интересны углеродные звезды - относительно холодные гиганты и сверхгиганты с поверхностной температурой в пределах 2500 - 6000°С. При температурах выше 3500°С при равных количествах кислорода и углерода в атмосфере большая часть этих элементов существует в форме оксида углерода. Из других углеродных соединений в этих звездах найдены циан (радикал СN) и радикал СН. Имеется также некоторое количество оксидов титана и циркония, выдерживающие высокие температуры. При избытке водорода концентрация СN, СО, С2 будет относительно меньшей, а концентрация СН увеличится. Такие звезды (СН - звезды)  встречаются наряду со звездами, в которых наблюдается дефицит водорода.  
    Важной особенностью углеродных звезд является повышенное содержание изотопа углерода 13С, играющего значительную роль в общем энергетическом балансе звезды. Процессы, связанные с его участием, питают звезду энергией и развиваются лишь при очень высоких температурах в глубинных зонах. Появление изотопа 13С в поверхностных слоях, вероятно, обусловлено процессами перемешивания.  
    Некоторые типы звезд характеризуются повышенным содержанием металлов, расположенных в одном столбце периодической системы с цирконием; в этих звездах имеется неустойчивый элемент технеций 43 99Тс.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Элемент | Относительные количества атомов в звёздах | | |
| t - Скорпиона | x - Персея | g - Пегаса |
| Водород | 8530 | 8300 | 8700 |
| Гелий | 1450 | 1700 | 1290 |
| Углерод | 2,0 | 1,5 | 3,3 |
| Азот3,1 | 1,7 | 0,9 | - |
| Кислород | 11,0 | 9,0 | 3,7 |
| Фтор | - | - | 0,028 |
| Неон | 4,5 | 3,4 | 4,65 |
| Магний | 0,46 | 0,49 | 0,76 |
| Алюминий | 0,032 | 0,05 | 0,005 |
| Кремний | 0,75 | 0,77 | 0,094 |
| Фосфор | - | - | 0,0028 |
| Сера | - | 0,25 | 0,55 |
| Хлор | - | - | 0,014 |
| Аргон | - | - | 0,07 |

6. Светимость звезд                                [светимость Солнца](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)

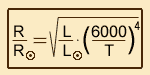
Звезды излучают энергию во всем диапазоне длин волн, а светимость L=σT44πR2 - общая мощность излучения звезды. L¤ = 3,846\*1026Вт/с.

В 1856г Норман Погсон (1829-1891, Англия) в Оксфорде устанавливает формулу для отношение светимостей через абсолютные (М) звездные величины (т.е. с расстояния в 10 ПК). L1 /L2 =2,512М2-М1. Сравнивая звезду с Солнцем, получим формулу L/L¤=2,512 М¤-М , откуда логарифмируя получим lgL=0,4(M¤ -M).

 Фотометрическим способом можно определять расстояния до звезд, т.к. создаваемая освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния, поэтому I=L/r2.  Светимость звезд разнообразна и большинство имеют сравнимую с солнечной, а общий разброс светимости звезд: 1,3.10-5L¤<L<5.105L¤ .  Большую светимость имеют звезды-гиганты, звезды малой светимости - звезды-карлики. Наибольшей светимостью обладает голубой сверхгигант - звезда Пистолет в созвездии Стрельца - 10000000 L¤! Светимость красного карлика Проксимы Центавра около 0,000055 L¤.

7. Размеры звезд   - существует несколько способов их определения:      [Список крупнейших звёзд](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%BA_%D0%BA%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%88%D0%B8%D1%85_%D0%B7%D0%B2%D1%91%D0%B7%D0%B4)

1) Непосредственное измерение углового диаметра звезды (для ярких ≥2,5m, близких звезд, >50 измерено) с помощью интерферометра Майкельсона с использованием затем формулы: R=r.sin(θ/2)=107,5.θ.R¤ /π=7,48.107θr(км). Впервые измерен угловой диаметр (и определен R звезды α Ориона- Бетельгейзе) в 0,047" 3декабря 1920г =  Альберт Майкельсон (1852-1931, США) и Франсис Пиз (1881-1938, США).

2) Через светимость звезды L=σT44πR2 в сравнении с Солнцем.  
3) По наблюдениям затмения звезды Луной определяют угловой размер, зная расстояние до звезды.

По своим размерам, звезды делятся (название: карлики, гиганты и сверхгиганты ввел Генри Рессел (1877-1957, США) в 1913г, а открыл их в 1905г Эйнар Герцшпрунг (1873-1967, Дания), введя название "белый карлик"), введены с 1953 года на:

[сверхгиганты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82)  (I)

[яркие гиганты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D1%80%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82)  (II)

[гиганты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82_(%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F))     (III)

[субгиганты](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B1%D0%B3%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%82)    (IV)

карлики (звезды [главной последовательности](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C))  (V)

[субкарлики](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B1%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BA)    (VI)

[белые карлики](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%B8%D0%BA)   (VII)

В 2005 году была открыта звезда, получившая обозначение OGLE-TR-122, по размерам она лишь на 16% больше Юпитера. Размеры звезд колеблются в очень широких пределах от 104 м до 1012 м. Например звезда [VY Большого Пса](http://ru.wikipedia.org/wiki/VY_%D0%91%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%9F%D1%81%D0%B0) в 2000 раз больше Солнца, гранатовая звезда m Цефея имеет диаметр 1,6 млрд. км; Звезды Лейтена и Вольф-475 меньше Земли, а нейтронные звезды имеют размеры 10 - 15 км.

1. Масса звезд- одна из важнейших характеристик звезд, указывающая на ее эволюцию, т.е. определяет жизненный путь звезды

Способы определения: , причем маломассивных звезд существенно больше, чем тяжеловесных, как по количеству, так и по общей доле заключенного в них вещества (M¤=1,9891×1030кг (333434 масс Земли)≈2.1030кг)

1. Зависимость масса-светимость, установленная астрофизиком А.С. Эддингтон (1882-1942, Англия). L≈m3,9  
2. Использование 3 уточненного закона Кеплера, если звезды физически двойные   
Теоретически масса звезд 0,005M¤ (предел Кумара 0,08M¤)<M<150M¤  
      Самые легкие звезды с точно измеренной массой находятся в двойных системах. В системе Ross 614 компоненты имеют массы 0,11 и 0,07 M¤. В системе Wolf 424 массы  компонентов составляют 0,059 и 0,051 M¤. А у звезды LHS 1047 менее массивный компаньон весит всего 0,055 M¤.   
     Обнаружены "коричневые карлики" с массами 0,04 - 0,02 M¤. Есть косвенные указания на существование еще меньших тел: волнообразное движение некоторых звезд свидетельствует о присутствии рядом с ними маломассивных спутников, заполняющих интервал масс между звездами и планетами (10-1 - 10-3 M¤). Так изучение колебаний в движении звезды BD 68 946° дало обнаружение темного спутника с массой 0,009 M¤.  
Учёные в декабре 2006 года выяснили, что считавшаяся самой массивной звездой в нашей Галактике Pismis 24-1 на самом деле является двойной звёздной системой. По расчётам астрономов, Pismis 24-1 имела массу в 200-300 раз превышающую массу Солнца. Тем не менее, даже после открытия, сделанного при помощи космического телескопа "Хаббл", обе звёзды остаются одними из самых крупных известных звёзд Млечного пути от 100 до 150 солнечных масс.   
    Pismis 24-1 располагается в центре большой туманности NGC 6357, находящейся примерно в 8000 световых годах от Земли и простирается на небе на один градус в направлении созвездия Скорпиона. В будущем эта звезда может оказаться ещё меньше. По наблюдениям с Земли, она может оказаться тремя звёздами с массами порядка 70 солнечных. Если это предположение подтвердится, то звёзды останутся в списке двадцати пяти самых массивных в Млечном пути.  
    Помимо этого, астрономы исследовали звёзду Pismis 24-17 и выяснили, что она имеет массу в 100 раз больше Солнца. Таким образом, NGC 6357 является уникальным для своих размеров скоплением сверхмассивных звёзд. Подсчитано, что как правило, на один гигант с массой в 65 солнечных приходится 18000 звёзд, по размерам близких к Солнцу.

9. Плотность звезд - находится ρ=М/V=M/(4/3πR3)

Хотя массы звезд имеют меньший разброс, чем размеры, но плотности их сильно различаются. Чем больше размер звезды, тем меньше плотность. Самая маленькая плотность у сверхгигантов: Антарес (α Скорпиона) R=750R¤ , M=19M¤ , ρ=6,4\*10-5кг/м3 и Бетельгейзе (α Ориона) R=800 R¤ , M=17M¤ , ρ=3,9\*10-5кг/м3.Очень большие плотности имеют белые карлики (цвет обусловлен температурой на поверхности, достигающей до 50000К). Например Сириус В - R=0,02 R¤ , M=M¤, ρ=1,78\*108кг/м3.   Огромные плотности белых карликов объясняются особыми свойствами вещества этих звезд, которое представляет собой атомные ядра и оторванные от них электроны. Расстояния между атомными ядрами в веществе белых карликов должны быть в десятки и даже сотни раз меньше, чем в обычных твердых и жидких телах, с которыми мы встречаемся в земных условиях. Агрегатное состояние, в котором находится это вещество, нельзя назвать ни жидким, ни твердым, так как атомы белых карликов разрушены. Мало похоже это вещество на газ или плазму. И все-таки его принято считать «газом», учитывая, что расстояние между частицами даже в плотных белых карликах во много раз больше, чем сами ядра атомов или электроны. Но еще больше средняя плотность нейтронных звезд. Средние плотности звезд изменяются в интервале от 10-6 г/см3 до 1014 г/см3 - в 1020 раз!

[Самые-самые звезды](http://www.astro.websib.ru/metod/tem-4/rekord)

Усредненные характеристики звезд основных спектральных классов, находящихся на главной последовательности (арабские цифры - десятичные подразделения внутри класса): Sp - спектральный класс, Mb - абсолютная болометрическая звездная величина, Tэф - эффективная температура, M, L, R - соответственно масса, светимость, радиус звезд в солнечных единицах, tm - время жизни звезд на главной последовательности:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Классы звезд | Массы М¤ | Размеры R¤ | Плотность г/см3 | Светимость L¤ | Время жизни, лет | % общего числа звезд |
| Ярчайшие сверхгиганты | до100 | 103–104 | <0,000001 | >105 | 105 | <0,000001 |
| Сверхгиганты | 50–100 | 102–103 | 0,000001 | 104–105 | 106 | 0,001 |
| Яркие гиганты | 10–100 | > 100 | 0,00001 | > 1000 | 107 | 0,01 |
| Нормальные гиганты | до 50 | > 10 | 0,0001 | > 100 | 107–108 | 0,1 - 1 |
| Субгиганты | до 10 | до 10 | 0,001 | до 100 | 108–109 |  |
| Нормальные звезды | 0,005-5 | 0,1-5 | 0,1-10 | 0,0001-10 | 109–1011 | до 90 |
| - белые | до 5 | 3–5 | 0,1 | 10 | 109 |
| - желтые | 1 | 1 | 1,5 | 1 | 1010 |
| - красные | 0,005 | 0,1 | 10 | 0,0001 | 1011–1013 |
| Белые карлики | 0,01–1,5 | до 0,007 | 103 | 0,0001 | до 1017 | до 10 |
| Нейтронные звезды | 1,5–3 (до 10) | 8–15 км (до 50 км) | 1013–1014 | 0,000001 | до 1019 | 0,01-0,001 |

Составьте презентацию по одной из характеристик звезд.

Сдать материал до13.о4.2020 на адрес [ris-alena@mail.ru](mailto:ris-alena@mail.ru)

**Выполняем только задания конспекты не пишем**