

13. Звезды и их природа

13.1. Что такое звезды?

Поверхностный взгляд найдет сходство между звездами и планетами. Ведь и планеты при наблюдении простым глазом видны как светящиеся точки различной яркости. Однако уже за несколько тысячелетий до нас внимательные наблюдатели неба приходили к убеждению, что звезды и планеты – различные по своей природе явления. Планеты, так же как Луна и Солнце, изменяют свое положение на небе, перемещаются из одного созвездия в другое и за год успевают пройти значительный путь, а звезды неподвижны относительно друг друга.

Звезды не могут принадлежать к Солнечной системе. Если бы они были примерно на таком же расстоянии, как и планеты, то невозможно было бы найти объяснение их видимой неподвижности. Естественно считать, что звезды тоже движутся в пространстве, но они далеки от нас, что видимое перемещение их ничтожно. Создается иллюзия неподвижности звезд. Но если звезды так далеки, то при видимой яркости, сравнимой с видимой яркостью планет, они должны изучать во много раз мощнее, чем планеты. Такой ход рассуждений приводил к мысли, что звезды – это тела, по своей природе сходные с Солнцем. Эту мысль отстаивал Джордано Бруно. Но окончательно вопрос разрешился после двух открытий. Первое сделал Галлей в 1718 г. Он сравнил наблюдаемые им положение ярких звезд с положением этих же звезд, определяемыми древнегреческими астрономами. Оказалось, что за прошедшие 2000 лет Сириус сместился приблизительно на полградуса, а Арктур – на целый градус. Хотя древнегреческие астрономы определяли положение звезд не очень точно, смещения оказались слишком большими, чтобы их можно было отнести за счет ошибок наблюдателей, и Галлей пришел к выводу, что он обнаружил действительные перемещения звезд на небесной сфере. Естественно было считать, что перемещения в течение 2 тысяч лет происходили равномерно, тогда получается, что за 1 год Сириус смещается приблизительно на 1 секунду дуги, а Арктур приблизительно на 2 секунды дуги. Это очень медленное перемещение и неудивительно, что его трудно было обнаружить.

Таким образом, Солнце – одна из звезд. Это очень близкая к нам звезда, с которой Земля физически связана, вокруг которой она движется. Но звезд огромное множество, они имеют различный блеск, различный цвет, они излучают огромное количество энергии в пространство и поэтому, теряя эту энергию, не могут не изменяться: они должны проходить какой-то путь эволюции.

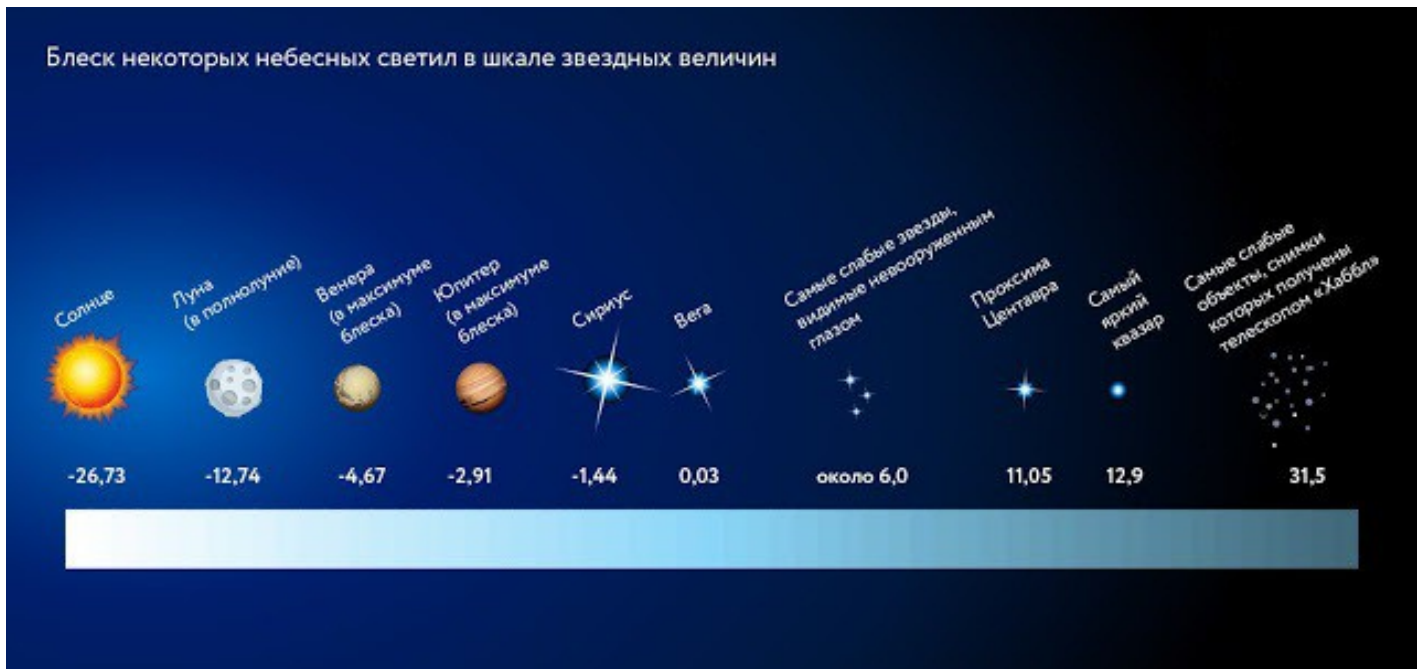
13.2. Звездные величины. Светимость

Звезды – это огромные раскаленные солнца, но столь удаленные от нас по сравнению с планетами Солнечной системы, что, хотя, они сияют в миллионы раз ярче, их свет кажется нам относительно тусклым.

В ночном небе невооруженным глазом можно видеть около 6000 звезд. С уменьшением блеска звезд число их растет, и даже простой их счет становится затруднительным. «Поштучно» сосчитаны и занесены в астрономические каталоги около миллиона относительно ярких звезд. А всего нашему наблюдению доступно около двух миллиардов звезд. Общее количество звезд во Вселенной оценивается в 10^{22} .

Одной из самых важных характеристик является **звездная величина**. Раньше считали, что расстояние до звезд одинаково, и чем звезда ярче, тем она больше. Наиболее яркие звезды отнесли к звездам первой величины (**1m**, от лат. *magnitudo* – величина), а едва различимые невооруженным глазом – к шестой (**6m**). Сейчас мы знаем, что звездная величина характеризует не размеры звезды, а ее блеск, то есть освещенность, которую звезда создает на Земле. Но шкала звездных величин сохранилась и уточнена. Блеск звезды 1m больше блеска звезды 6m ровно в 100 раз. Светила, блеск которых превосходит блеск звезд 1m, имеют нулевые и отрицательные звездные величины. Шкала продолжается и в сторону звезд, не видимых невооруженным глазом. Есть звезды 7m, 8m и так далее. Для более точной оценки используют дробные звездные величины 2,3m, 7,1m и так далее. Звездные величины некоторых небесных светил показаны на рисунке.

Блеск некоторых небесных светил в шкале звездных величин



Звезды находятся от нас на различных расстояниях и их видимые звездные величины (освещенности) ничего не говорят о светимостях (мощности излучения) звезд.

Освещенность E , светимость L и расстояние до звезды R связаны соотношением:

$$E = L / (4\pi R^2)$$

Поэтому используется еще понятие «**абсолютная звездная величина**». Звездные величины, которые имели бы звезды, если бы они находились на одинаковом расстоянии (10 пк), называются абсолютными звездными величинами (M) (см. рис.).

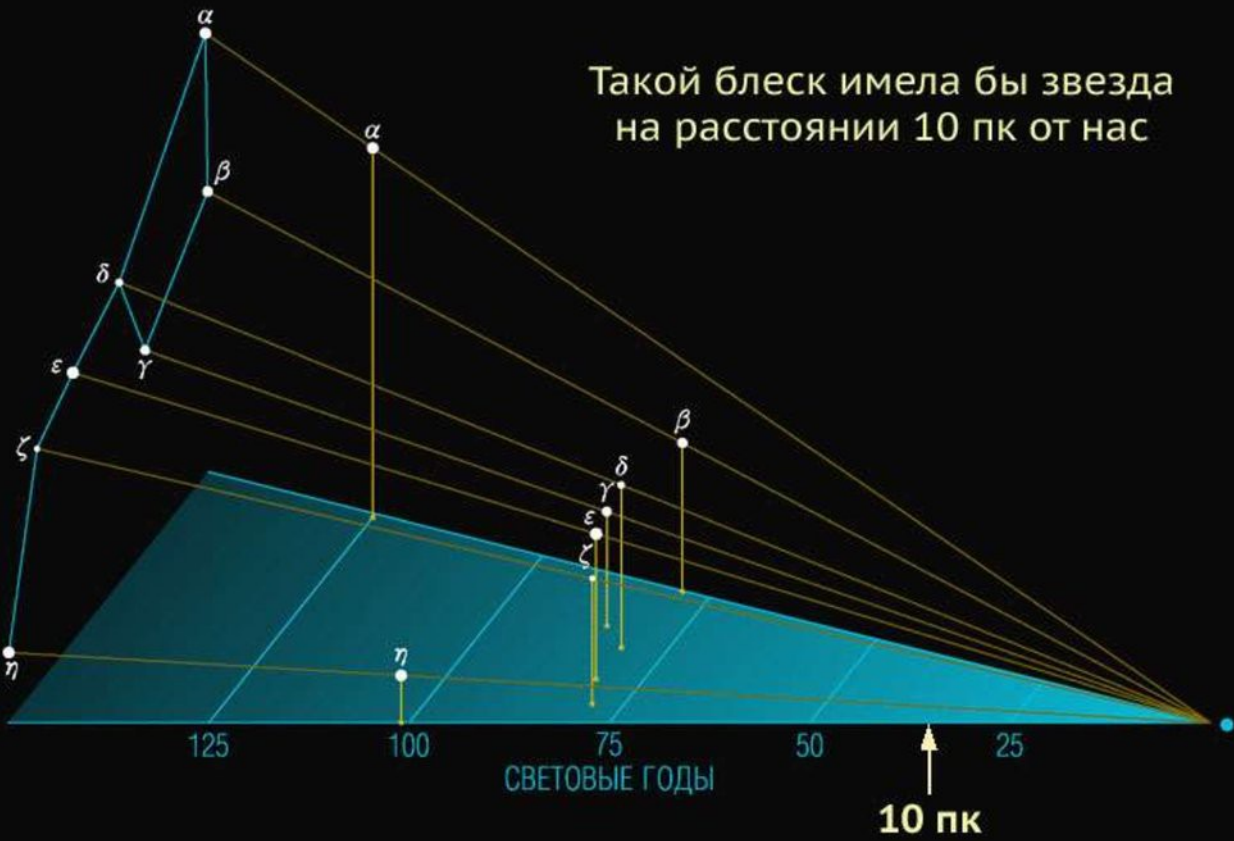
Но звездная величина сама по себе не может быть характеристикой звезды, поскольку зависит от расстояния и не говорит об истинной мощности излучения. Истинной характеристикой служит **светимость**, то есть полная энергия, которую излучает звезда в единицу времени. Светимости звезд крайне разнообразны. У одной из звезд-гигантов - а Золотой Рыбы – светимость в 500000 раз больше солнечной, а светимость самых слабых звезд – карликов, примерно, во столько же раз меньше. Если известна абсолютная звездная величина, то можно вычислить светимость любой звезды по формуле

$$\lg L = 0,4(MC - M),$$

где L – светимость звезды, M – ее абсолютная звездная величина, а MC – абсолютная звездная величина Солнца.

Абсолютная звёздная величина

Такой блеск имела бы звезда на расстоянии 10 пк от нас



13.3. Расстояния до звезд

Параллакс



Для определения расстояний до ближайших звезд применяется метод параллакса (величина углового смещения предмета). Угол p , под которым со звезды был бы виден средний радиус a земной орбиты, расположенный перпендикулярно направлению на звезду, называется годичным параллаксом (см. рис. выше).

Расстояние до звезды можно вычислить по формуле

$$r = a / \sin p$$

Расстояния между различными астрономическими объектами представлены на рисунке.



Расстояние до звезды, соответствующее параллаксу в $1''$, называется парсеком (пк). $1 \text{пк} = 3,26 \text{ св. года}$. Однако, годовые параллаксы можно определить только у ближайших звезд, расположенных не далее нескольких сотен парсек. Но обнаружилась статистическая зависимость между видом спектра звезды и абсолютной звездной величиной. Таким образом, по виду спектра оценивают абсолютные звездные величины, а затем, сравнивая их с видимыми звездными величинами, вычисляют и расстояния до звезд и параллаксы. Параллаксы, определенные таким образом, называются спектральными параллаксами.

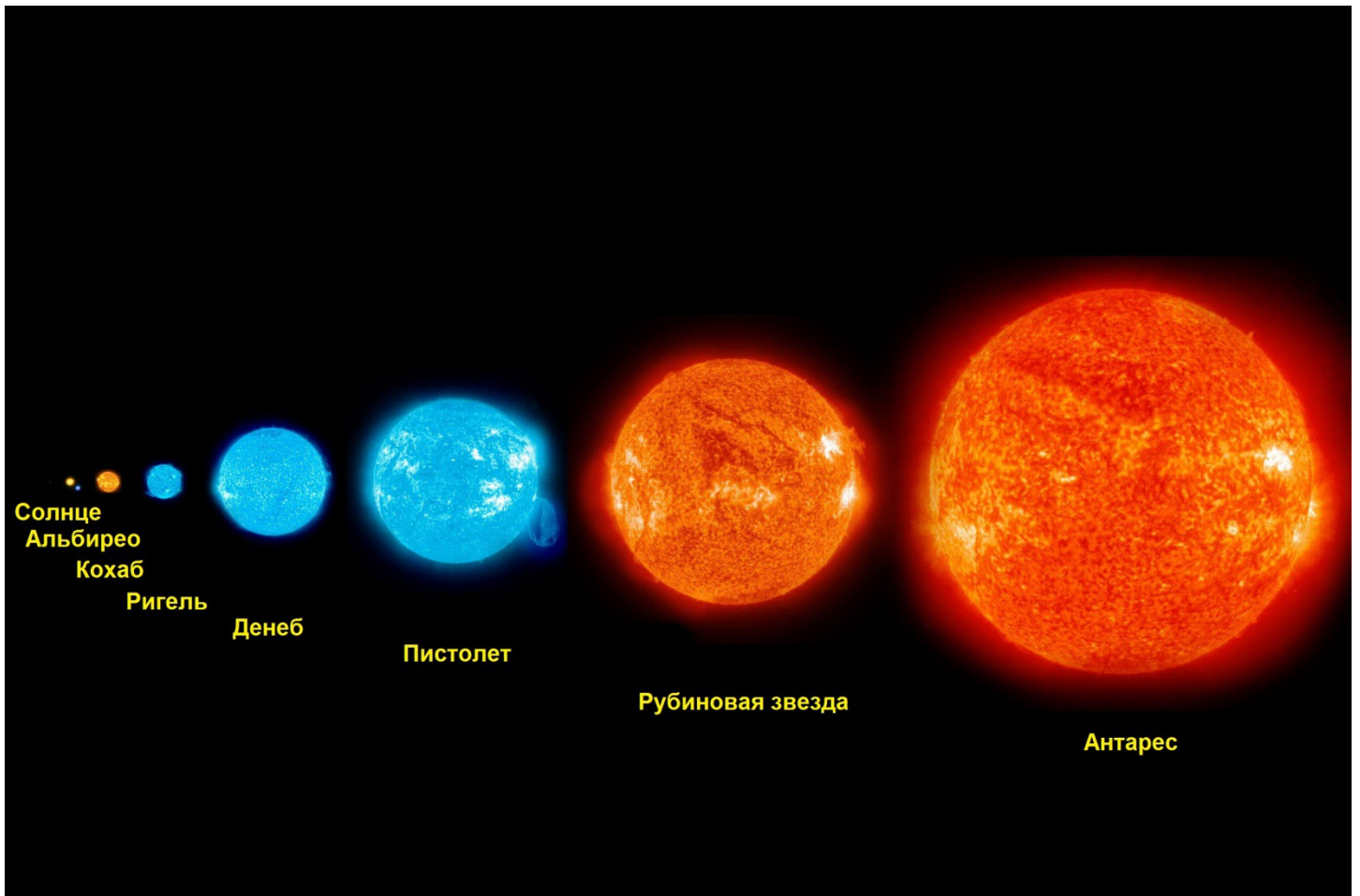
13.4. Размеры звезд

Используя самую современную технику астрономических наблюдений, удалось в настоящее время непосредственно измерить угловые диаметры (а по ним, зная расстояние, и линейные размеры) лишь нескольких звезд. В основном астрономы определяют радиусы звезд другими методами. Один из них дает зависимость светимости L от площади поверхности (фотосферы) звезды (или от радиуса R) и температуры фотосферы (T)

$$L = 4\pi R^2 \cdot \delta T^4$$

Если известна светимость L и температура T звезды, то, используя последнюю формулу, можно вычислить радиус звезды R .

Определив радиусы многих звезд, астрономы убедились в том, что существуют звезды, размеры которых резко отличаются от размеров Солнца. Наибольшие размеры у сверхгигантов. Их радиусы в сотни раз превосходят радиус Солнца. Например, радиус звезды α **Скорпиона** (Антарес) почти в 750 раз превосходит солнечный. Звезды, радиусы которых в десятки раз превосходят радиус Солнца, называются гигантами. Звезды, по размерам близкие к Солнцу или меньшие, чем Солнце, относятся к карликам. Среди карликов есть звезды, которые меньше Земли или даже Луны. Открыты звезды и еще меньших размеров. О соотношении размеров звезд можно судить по рисунку.



13.5. Масса звезд

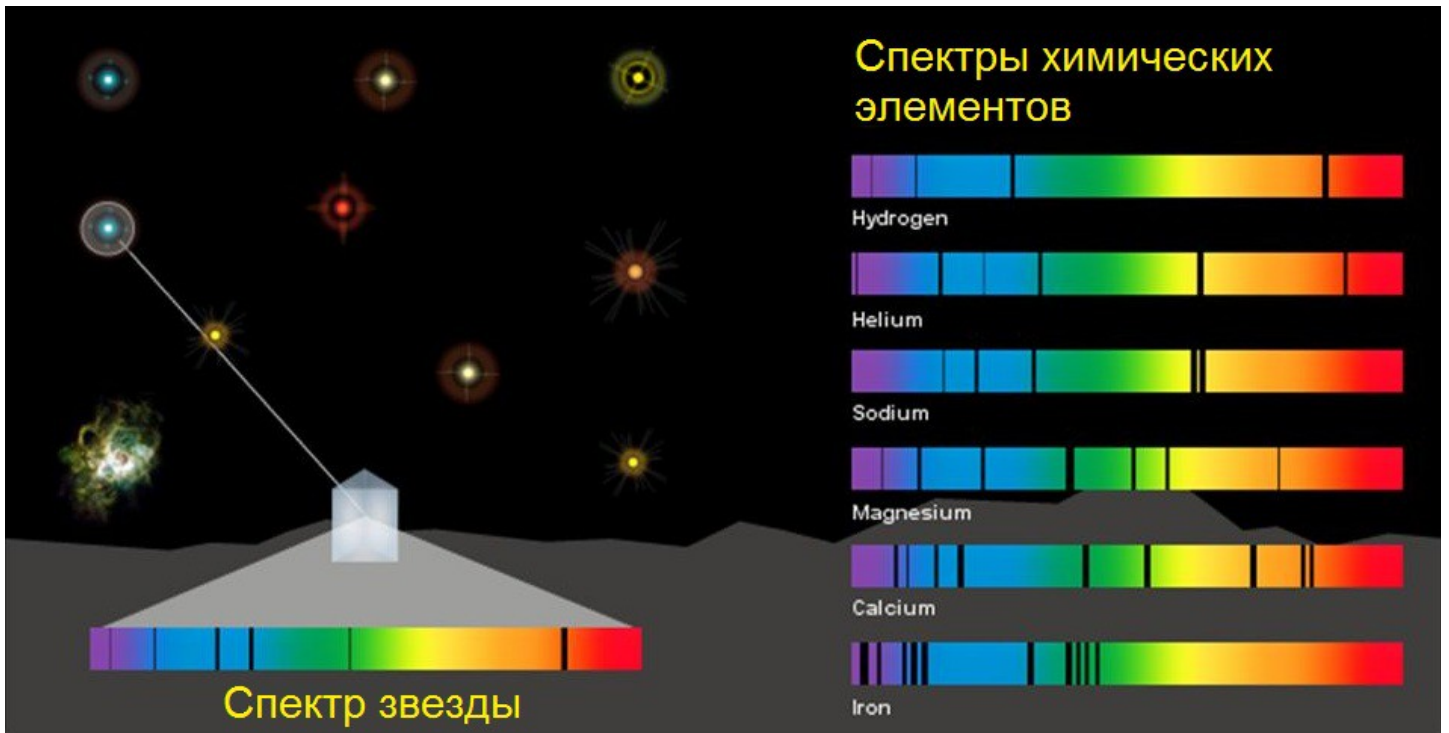
Еще одна важная характеристика звезды – ее масса. Массы звезд различны, но, в отличие от светимостей и размеров, различны в сравнительно узких пределах: самые массивные звезды обычно лишь в десятки раз превосходят Солнце, а наименьшие массы звезд порядка 0,06 массы Солнца.

Прямое определение массы возможно лишь для двойных звезд. Составляя уравнения на основе закона Всемирного тяготения и законов Кеплера, можно по наблюдаемым кинематическим характеристикам звезд вычислить их массы.

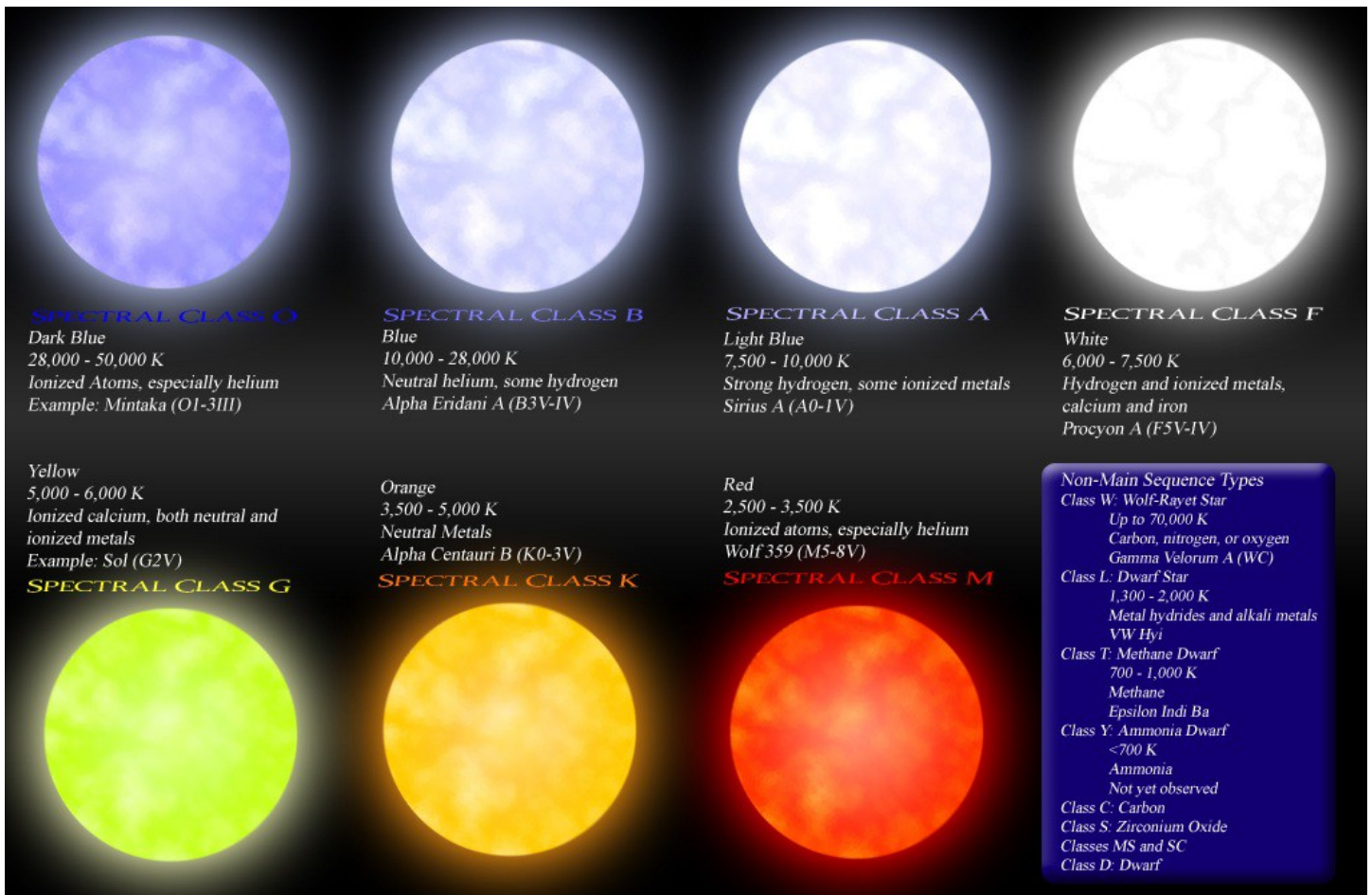
Массы одиночных звезд можно определить по их светимости: было обнаружено, что светимость звезды увеличивается пропорционально кубу ее массы.

13.6. Спектральная классификация

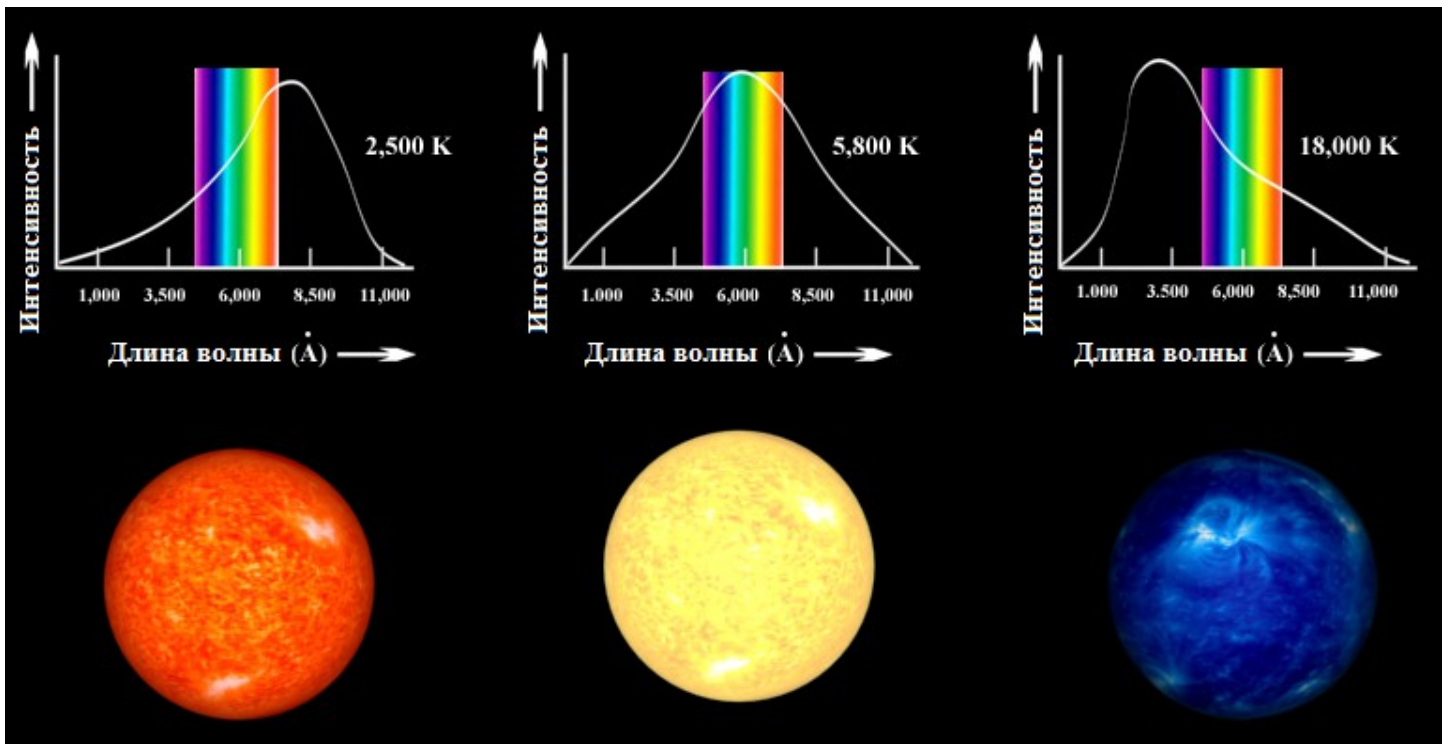
Спектры звезд – это их паспорта с описанием всех их физических свойств (см. рис.). По спектру звезды можно узнать ее светимость (а значит, и расстояние до нее), ее температуру, размер, химический состав ее атмосферы, как качественный, так и количественный, скорость ее движения в пространстве, скорость ее вращения вокруг оси и даже то, нет ли вблизи нее другой, невидимой звезды, вместе с которой она обращается вокруг их общего центра тяжести.



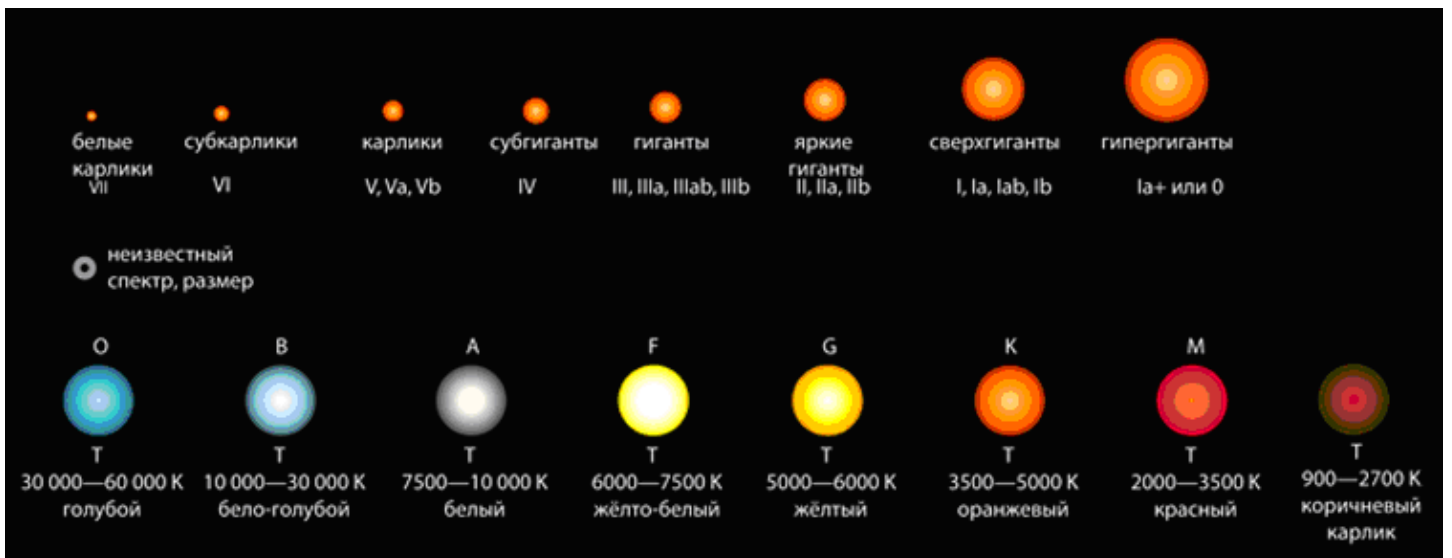
Существует детально разработанная классификация звездных классов (гарвардская). Классы обозначены буквами, подклассы – цифрами от 0 до 9 после буквы, обозначающей класс. В классе О подклассы начинаются с О5. Последовательность спектральных классов отражает непрерывное падение температуры звезд по мере перехода к все более поздним спектральным классам. Она выглядит так: О, В, А, F, G, К, М. Кроме данных основных классов, выделяют и дополнительные классы (см. рис.).



Подавляющее большинство звезд относится к последовательности от О до М. Эта последовательность непрерывна. Цвета звезд различных классов различны и определяются спектром звезды (см. рис.): О и В – голубоватые звезды, А – белые, F и G – желтые, К – оранжевые, М – красные.

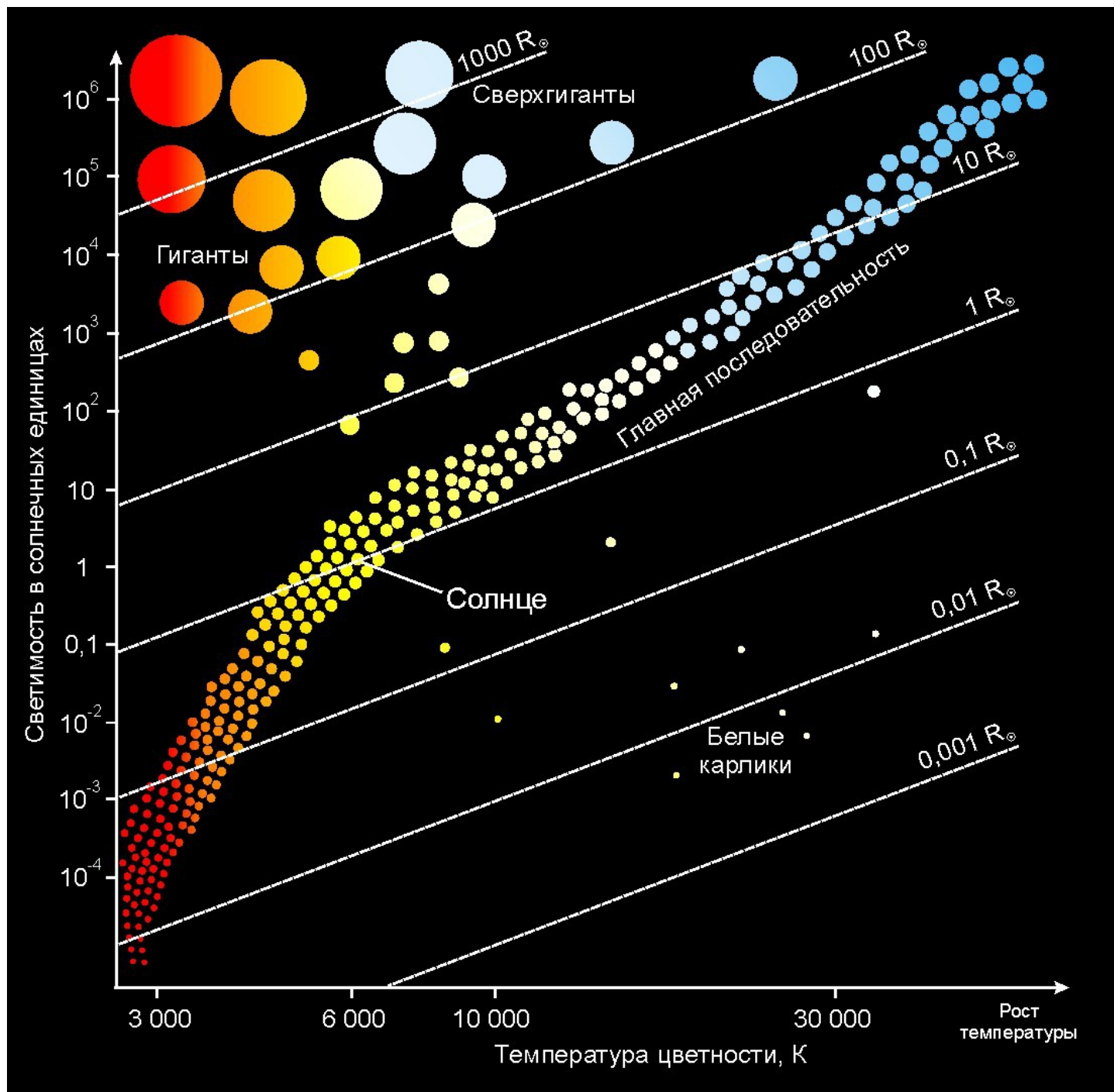


Рассмотренная выше классификация одномерная, так как основной характеристикой является температура звезды. Но среди звезд одного класса есть звезды-гиганты и звезды-карлики. Они отличаются по плотности газа в атмосфере, площади поверхности, светимости. Эти различия отражаются на спектрах звезд. Существует новая, двумерная классификация звезд. По этой классификации у каждой звезды кроме спектрального класса указывается еще класс светимости (см. рис.).



Он обозначается римскими цифрами от I до VII и цифрой 0. 0 – гипергиганты, I – сверхгиганты, II-III – гиганты, IV – субгиганты, V – карлики, VI – субкарлики, VII – белые карлики (число классов все увеличивается). Например, спектральный класс звезды Веги выглядит как A0V, Бетельгейзе - M2I, Сириуса - A1V. Все сказанное выше относится к нормальным звездам. Однако существует множество нестандартных звезд с необычными спектрами. Прежде всего, это эмиссионные звезды. Для их спектров характерны не только темные (абсорбционные) линии, но и светлые линии излучения, более яркие, чем непрерывный спектр. Такие линии называются эмиссионными. Присутствие в спектре таких линий обозначается буквой «e» после спектрального класса. Так, есть звезды Be, Ae, Me. Наличие в спектре звезды O определенных эмиссионных линий обозначается как Of. Существуют экзотические звезды, спектры которых состоят из широких эмиссионных полос на фоне слабого непрерывного спектра. Их обозначают WC и WN, в гарвардскую классификацию они не укладываются. В последнее время были открыты инфракрасные звезды, которые почти всю свою энергию излучают в невидимой инфракрасной области спектра.

Двумерную классификацию часто представляют в графическом виде – в виде диаграммы Герцшпрунга – Расселла (диаграмма Г–Р). На горизонтальной оси диаграммы Г–Р откладывают температуру звезды, а на вертикальной – ее светимость в солнечных единицах. Каждой звезде на диаграмме отвечает вполне определенная точка. Обычно говорят, что место на диаграмме занимает звезда, а не соответствующая ей точка. Большинство звезд сконцентрировано на диаграмме в узкой полосе, идущей от правого верхнего угла (звезды высокой температуры и большой светимости) к левому нижнему (звезды низкой температуры и малой светимости). Эта полоса называется главной последовательностью, а находящиеся на ней звезды – звездами главной последовательности или нормальными звездами.



Вопросы

1. Как древние астрономы обнаружили, что звезды и планеты – различные по своей природе явления?
2. Почему создается иллюзия неподвижности звезд на небесной сфере?
3. Какое количество звёзд можно увидеть в ночном небе невооруженным глазом, сколько звёзд занесены в

астрономические каталоги и сколько звёзд во Вселенной?

4. Как называется одна из самых важных характеристик звезды и как она обозначается?

5. Что характеризует звёздная величина?

6. Во сколько раз отличаются $1m$ и $6m$?

7. Могут ли быть звёздные величины $<1m$ и $>6m$?

8. Какова звёздная величина Солнца?

9. Звёздная величина (видимая звёздная величина) иначе называется...

10. Светимость звезды иначе называется...

11. Какой формулой связаны освещенность E , светимость L и расстояние до звезды R ?

12. Что такое «абсолютная звездная величина»?

13. Что является истинной характеристикой звезды?

14. Можно ли вычислить светимость звезды?

15. Дайте определение годичного параллакса.

16. Как можно вычислить расстояние до звезды?

17. Что в астрономии называется парсеком (пк)? Связь между парсеком и световым годом?

18. Как можно вычислить размеры звёзд (их радиусы)?

19. Каково многообразие размеров звёзд в космосе?

20. Каков диапазон масс различных звёзд?

21. Какие параметры звёзд можно определить с помощью их спектров?

22. Какая характеристика является основной для одномерной классификации звездных классов?

23. Чем отличается новая, двумерная классификация звезд?

24. Как принято представлять двумерную классификацию в графическом виде?

25. Где сконцентрировано большинство звезд на диаграмме Герцшпрунга-Расселла?