

Характеристики звёзд

*Энергия звёзд
Цвет,
Температура,
Спектры и химический состав,
Светимости,
Радиусы,
Массы,
Средние плотности*

Звезда - это раскалённое плазменное шарообразное космическое тело, находящееся, как правило, в гидродинамическом и термодинамическом равновесии.

Звёзды - основные жители нашей Галактики. В ней насчитывается около ***200 миллиардов*** звёзд. С помощью даже самых больших телескопов удаётся рассмотреть лишь полпроцента от общего количества звёзд Галактики. В звёздах сосредоточено более 95 % всего вещества, наблюдаемого в природе.

О звездах

Звезды почти целиком состоят из *водорода (70-80%)* и *гелия (20-30%)*; доля всех остальных химических элементов составляет от 0,1% до 4%.

В недрах звезд происходят термоядерные реакции.

Существование звезд обусловлено равновесием сил тяготения и лучевого (газового) давления.

Законы физики позволяют рассчитывать все основные физические характеристики звезд на основе результатов астрономических наблюдений.

Основным, наиболее продуктивным методом исследования звезд является спектральный анализ их излучения.

*ХАРАКТЕРИСТИКИ
ИЗЛУЧЕНИЯ ЗВЁЗД*



*Видимая и абсолютная
звёздные величины.
Светимость звёзд*

Звёзды, находящиеся на одинаковом расстоянии, могут отличаться по видимой яркости (т. е. по блеску).

Звезды имеют различную светимость.

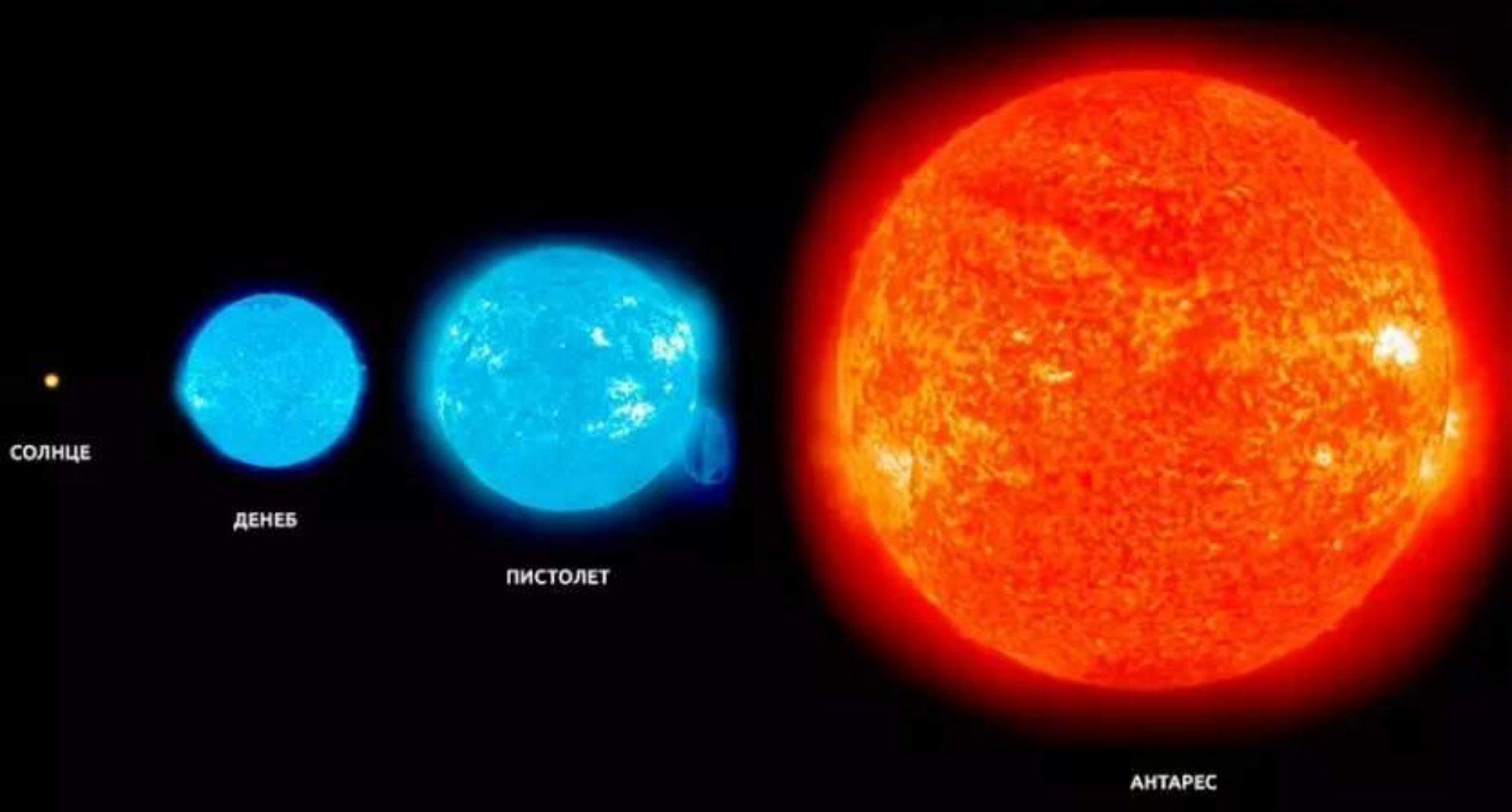
Солнце кажется самым ярким объектом на небе только потому, что оно находится гораздо ближе всех остальных звезд.

Светимостью называется полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени.

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

В астрономии принято сравнивать звезды по светимости, рассчитывая их блеск (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 .



Размеры в космосе обманчивы: *Денеб* с Земли сияет ярче *Антареса*, а вот *Пистолет* - не виден совсем. Тем не менее, наблюдателю с нашей планеты и *Денеб* и *Антарес* кажутся просто незначительными точками, по сравнению с Солнцем. Насколько это неверно можно судить по простому факту: *Пистолет* выпускает в секунду столько же света, сколько Солнце - за год!

Рассмотрим, как можно определить абсолютную звездную величину M , зная расстояние до звезды D (или параллакс – p) и ее видимую звездную величину m .

Для звезд, звездные величины которых равны m_1 и m_2 , отношение их блесков I_1 и I_2 выражается соотношением:
$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}.$$

Для видимой и абсолютной звездных величин одной и той же звезды :

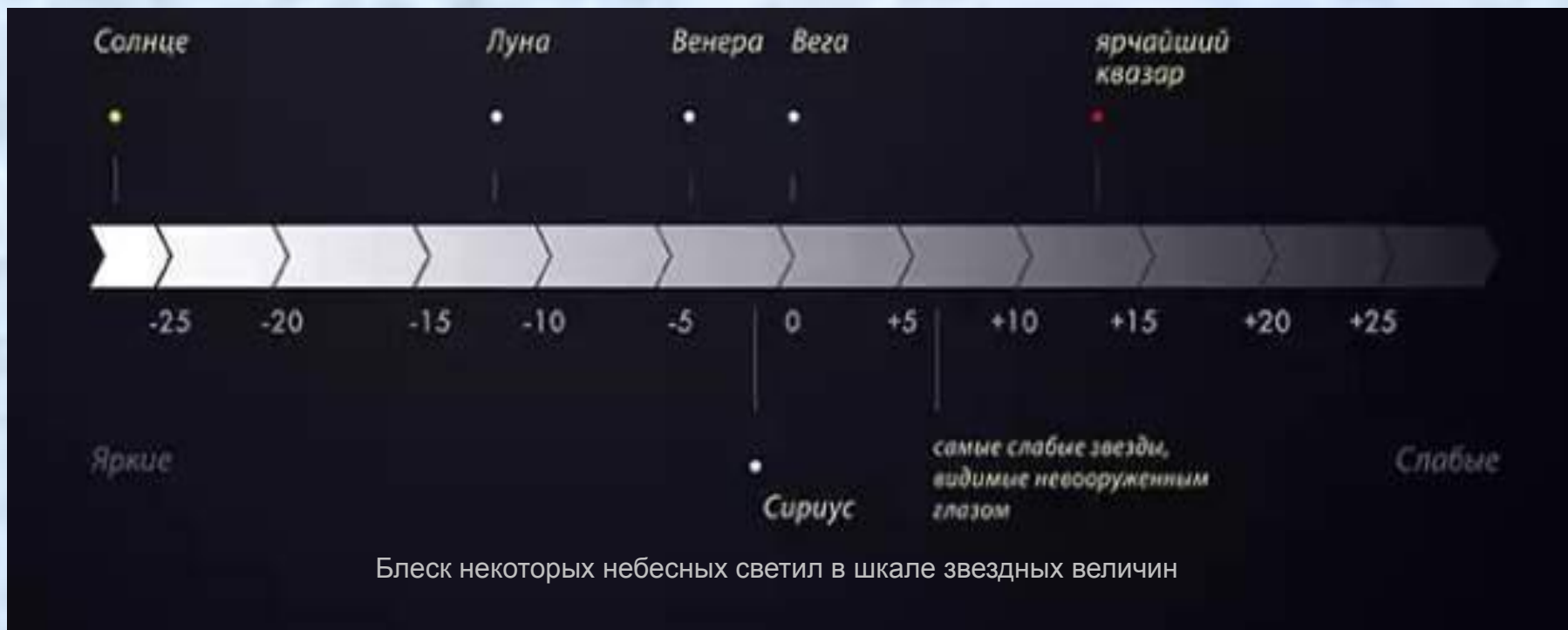
$$\frac{I}{I_0} = 2,512^{M - m},$$

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

В то же время известно, что блеск звезды меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до нее. Поэтому $\frac{I}{I_0} = \frac{D_0^2}{D^2}$. Следовательно $2,512^{M - m} = \frac{D_0^2}{D^2}$.

Логарифмируем это выражение: $0,4(M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2$,

или $M = m + 5 - 5 \lg D$, или $M = m + 5 + \lg p$.



Абсолютная звездная величина Солнца $M_{\square} = 5^m$, т.е. 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 $L = 2,5125$ -М Солнца $L_{\odot} = 1$, 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

$$M = -9^m.$$

Звезды-карлики, обладающие наименьшей светимостью, имеют абсолютную звездную величину $M = +17^m$.

Блеск некоторых объектов по шкале звездных величин



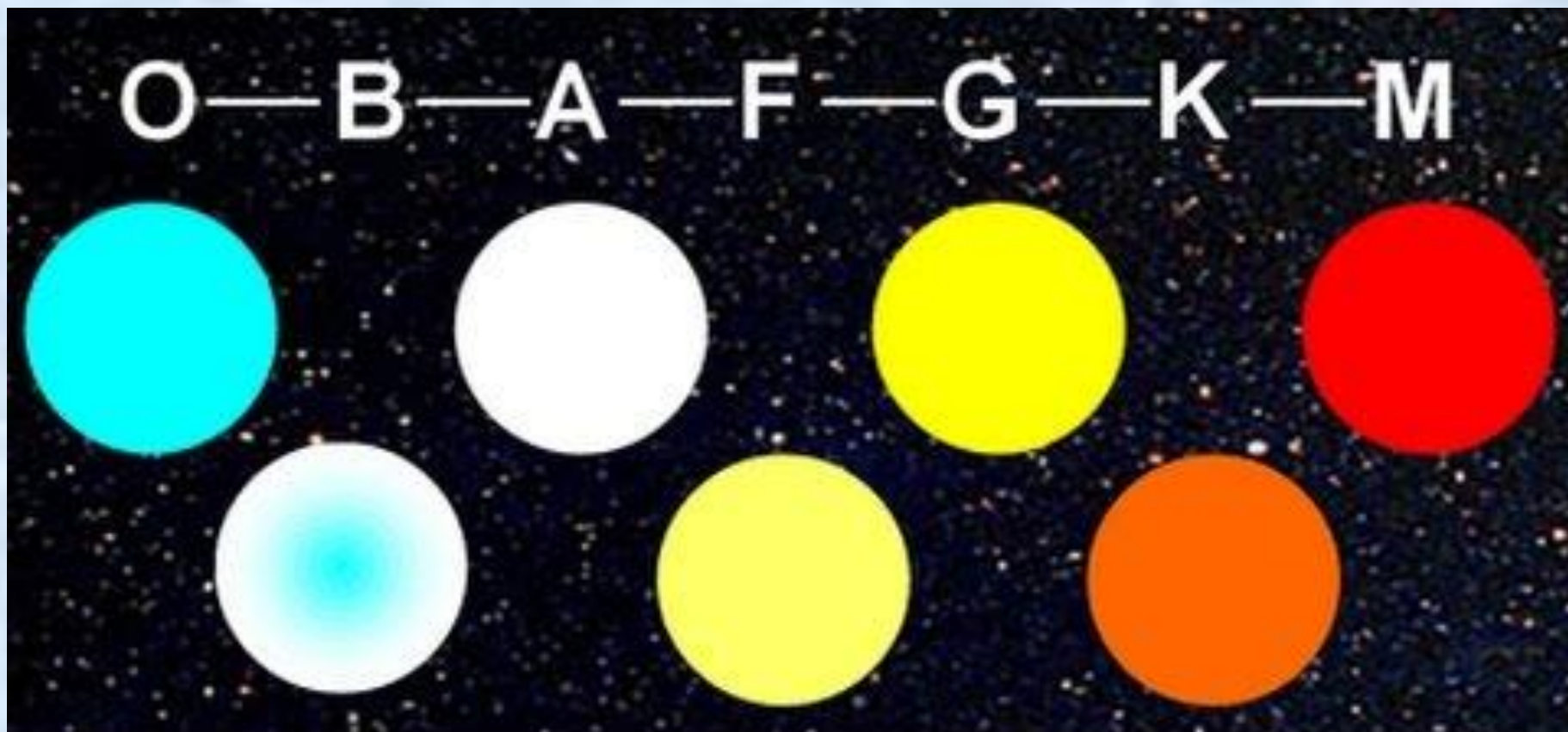
Спектральная классификация звёзд

<u>класс</u>	<u>эффективная температура K</u>	<u>цвет</u>	
O	26000–35000	голубой	
B	12000–25000	бело - голубой	
A	8000–11000	белый	
F	6200–7900	жёлто - белый	
G	5000–6100	жёлтый	
K	3500–4900	оранжевый	
M	2600–3400	красный	

Астрономы оценивают величину звёзд по шкале, согласно которой, чем ярче звезда, тем меньше её номер. Каждый последующий номер соответствует звезде, в десять раз менее яркой, чем предыдущая



Цвет звёзд зависит от температуры их внешних слоёв. Диапазон температур - от 2 000 до 60 000 °С. Самые холодные звёзды - красные, а самые горячие - голубые. По цвету звезды можно судить, насколько сильно раскалены её внешние слои.



Из-за того, что от звёзд приходит очень мало света, человеческий глаз способен различать цветовые оттенки только у самых ярких из них. В бинокль и тем более в телескоп (они улавливают больше света, чем глаз) цвет звёзд становится заметнее.

Примеры звёзд в гарвардской классификации





Acrux 24,730°C and 27,730°C

Beta Centauri 24,730°C

Spica 22,130°C

Achernar 14,730°C

Rigel 10,730°C

Regulus 10,030°C

Sirius 9,670°C

Canopus 7,080°C

Alpha Centauri 5,520°C and 4,990°C

Capella 4,670°C

Arcturus 4,020°C

Aldebaran 3,640°C

Betelgeuse 3,320°C

Antares 3,230°C

Изменение температуры меняет состояние атомов и молекул в атмосферах звезд, что отражается в их спектрах.

У наиболее холодных (красных) звезд класса **M** с температурой около **3000K** (Антарес и Бетельгейзе), в спектрах наблюдаются линии поглощения некоторых двухатомных молекул (оксидов титана, циркония и углерода).

В спектрах желтых звезд класса **G** с температурой около **6000K** (Солнце, Капелла) преобладают линии металлов: железа, натрия, кальция и т. д.

Для спектров белых звезд класса **A** с температурой около **10 000K** (Вега, Денеб и Сириус), наиболее характерны линии водорода и множество слабых линий ионизованных металлов.

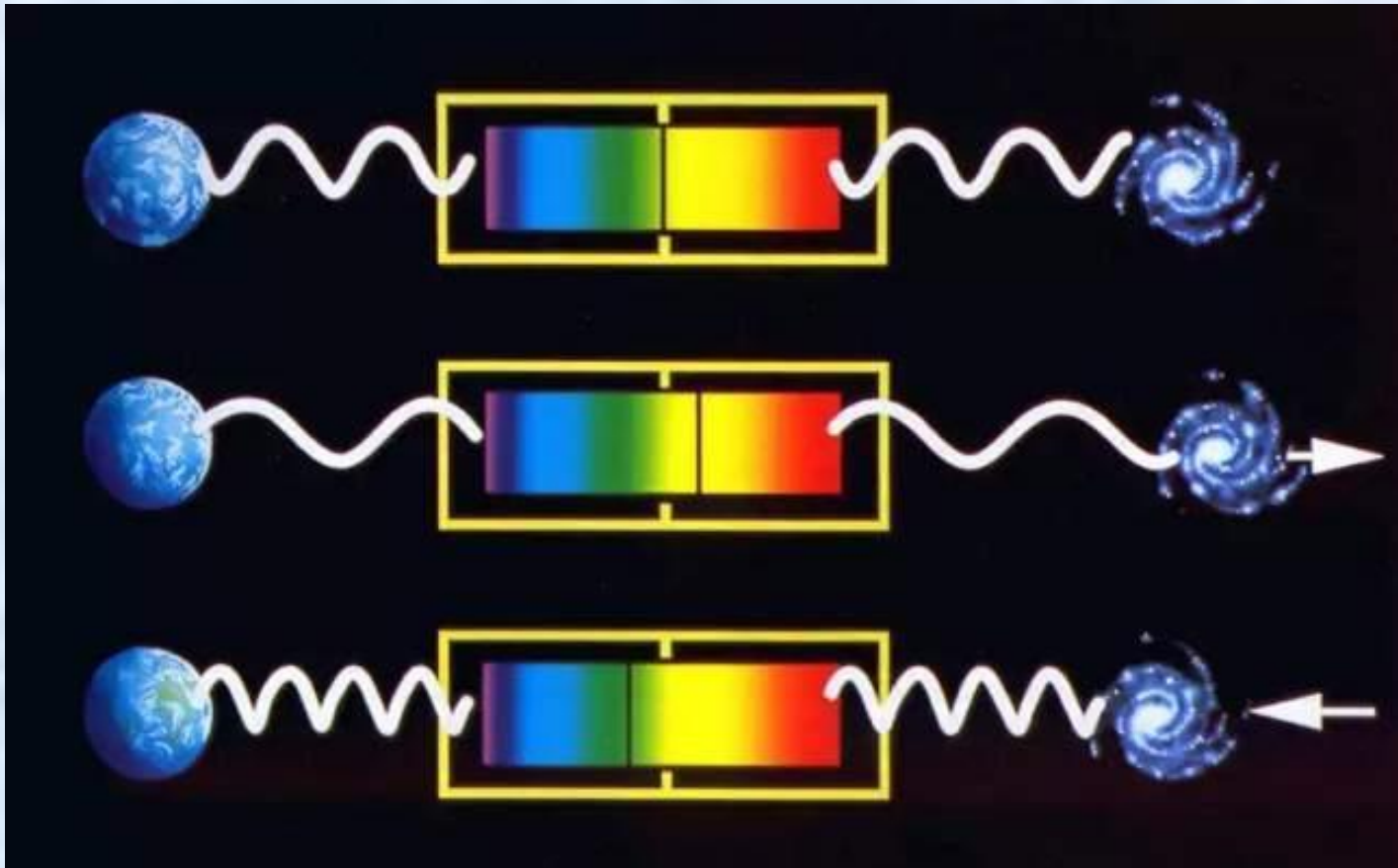
В спектрах наиболее горячих звезд появляются линии нейтрального и ионизованного гелия.

Спектры, цвет и температура звёзд



Измерение положения спектральных линий позволяет не только получить информацию о химическом составе звезд, но и определить скорость их движения. 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.



Явление изменения частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемое наблюдателем, вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя получило название **эффекта Доплера**.



Рассмотрим, как можно определить абсолютную звездную величину **M** , зная расстояние до звезды **D** (или параллакс – **p**) и ее видимую звездную величину **m** .

Для звезд, звездные величины которых равны m_1 и m_2 , отношение их блесков I_1 и I_2 выражается соотношением:
$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}.$$

Для видимой и абсолютной звездных величин одной и той же звезды :

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

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

В то же время известно, что блеск звезды меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до нее. Поэтому $\frac{I}{I_0} = \frac{D_0^2}{D^2}$. Следовательно $2,512^{M - m} = \frac{D_0^2}{D^2}$.

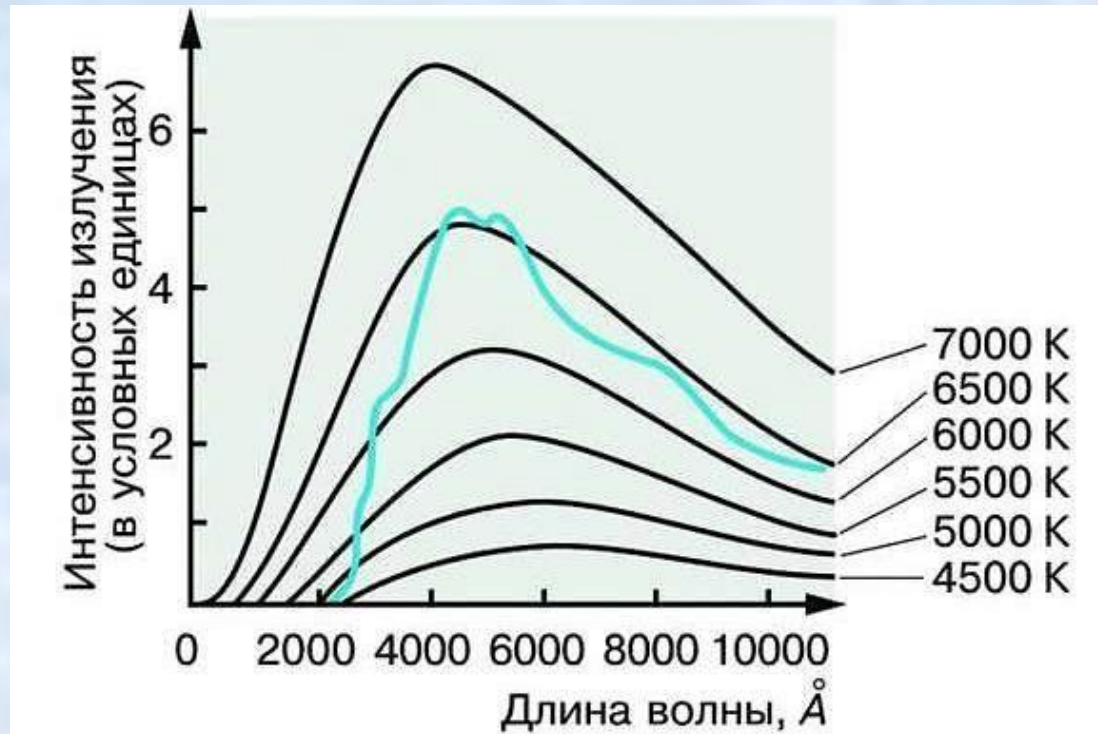
Логарифмируем это выражение: $0,4(M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2$,

$$\text{или } \mathbf{M = m + 5 - 5 \lg D}, \text{ или } \mathbf{M = m + 5 + \lg p}.$$

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, а также по интенсивности разных спектральных линий.



Распределение энергии в непрерывном спектре Солнца и чёрного тела при различных температурах

Рассмотрим, как можно определить абсолютную звездную величину **M** , зная расстояние до звезды **D** (или параллакс – **p**) и ее видимую звездную величину **m** .

Для звезд, звездные величины которых равны m_1 и m_2 , отношение их блесков I_1 и I_2 выражается соотношением: $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}$.

Для видимой и абсолютной звездных величин одной и той же звезды :

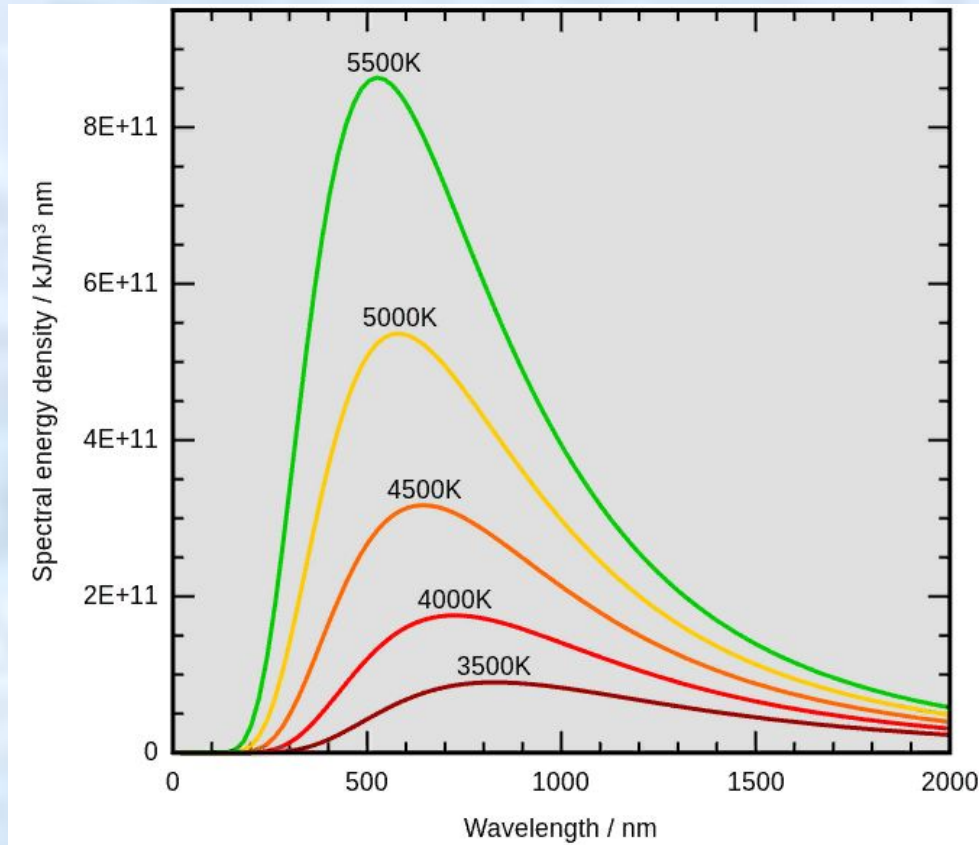
$$\frac{I}{I_0} = 2,512^{M - m},$$

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

В то же время известно, что блеск звезды меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до нее. Поэтому $\frac{I}{I_0} = \frac{D_0^2}{D^2}$. Следовательно $2,512^{M - m} = \frac{D_0^2}{D^2}$.

Логарифмируем это выражение: $0,4(M - m) = \lg 10^2 - \lg D^2$,

или **$M = m + 5 - 5 \lg D$** , или **$M = m + 5 + \lg p$** .



Зависимость мощности излучения чёрного тела от длины волны
Видимый цвет абсолютно чёрных тел с разной температурой