

## Занятие 16

### Диаграмма Герцшпрунга – Рессела

Звёзды - огромные газовые шары, которые находятся очень далеко от Земли. Единственным источником информации о далёких звёздах является их излучение. Уже в середине XIX в. астрономы научились определять физические характеристики звёзд по данным их наблюдений, и к началу XX в. накопились данные о десятках тысяч звёзд. Но как наблюдаемые характеристики звёзд - звёздная величина или светимость, спектральный класс - связаны с их физическими характеристиками?

В начале XX в. астрономы Эйнар Герцшпрунг (Дания) и Генри Норис Рессел (США) построили теоретические графики, которые **связывали две основные характеристики звезды: светимость и спектральный класс**. Учёные расположили звёзды на диаграмме, по вертикальной оси которой откладывали светимость звезды, а по горизонтальной - её спектральный класс. Оказалось, что звёзды на этой диаграмме располагаются не беспорядочно, а **образуют определённые группы**.

Известно, что спектр звезды зависит от температуры. Поэтому **на горизонтальной оси диаграммы откладывают либо спектральный класс звезды, либо её температуру T (K)**. В последнем случае ось шкалы температур принято направлять справа налево, т.е. *температура по горизонтальной оси убывает*. Подобное построение - это дань традиции, чтобы диаграмма имела такой же вид, как и построенная Герцшпрунгом и Ресселом.

В честь первооткрывателей диаграмму называют их именами: **диаграмма Герцшпрунга - Рессела**. (для краткости будем обозначать ее буквами **ГР**). Но наряду с этим используют и другие названия: диаграмма спектр - светимость или **температура - светимость**, в зависимости от того, какие величины откладывают по горизонтальной и вертикальной осям диаграммы.

**Светимость звезды – физическая величина, характеризующая полную энергию, излучаемую астрономическим объектом (планетой, звездой, галактикой) в единицу времени**. Обозначается L (светимость по-английски - *luminosity*). Единица измерения – Вт (ватт), т.е. светимость имеет такую же размерность, как и мощность. Светимость звезды зависит от двух ее физических характеристик: температуры и радиуса. Светимость не зависит от расстояния до объекта. Светимость - одна из важнейших звездных характеристик.

Исследование диаграммы Герцшпрунга - Рессела является *важнейшим источником сведений об эволюции звёзд*. По положению звезды на диаграмме определяют и каков её дальнейший «жизненный путь». С помощью диаграммы можно определить абсолютную звёздную величину звезды и оценить расстояние до неё. Кроме того, диаграмма спектр - светимость позволяет оценить основные характеристики звёзд, не прибегая к долгим утомительным вычислениям. Изменение положения звезды на диаграмме с течением времени связано только с изменением ее физических характеристик.

**Главная последовательность**. На нее ложатся параметры большинства звезд. К звездам главной последовательности относят Солнце, Сириус.

Спектральный класс	Цвет	Температура, К	Особенности спектра	Типичные звезды
W	Голубой	80 000	Излучения в линиях гелия, азота, кислорода	$\gamma$ Парусов
O	Голубой	40 000	Интенсивные линии ионизированного гелия, линий металлов нет	Минтака
B	Голубовато-белый	20 000	Линии нейтрального гелия. Слабые линии H и K ионизованного кальция	Спика
A	Белый	10 000	Линии водорода достигают наибольшей интенсивности. Видны линии H и K ионизованного кальция, слабые линии металлов	Сириус, Вега
F	Желтоватый	7 000	Ионизированные металлы. Линии водорода ослабевают	Процион, Канопус
G	Желтый	6 000	Нейтральные металлы, интенсивные линии ионизованного кальция K и H	Солнце, Капелла
K	Оранжевый	4 500	Линий водорода почти нет. Присутствуют слабые полосы окиси титана. Многочисленные линии металлов	Арктур, Альдебаран
M	Красный	3 000	Сильные полосы окиси титана и других молекулярных соединений	Антарес, Бетельгейзе
L	Темно-красный	2 000	Сильные полосы SrH, рубидия, цезия	KeU-1
T	"Коричневый карлик"	1 500	Интенсивные полосы поглощения воды, метана, молекулярного водорода	Gliese 229B

**Красные гиганты, белые карлики, сверхгиганты.**

Таблица 2

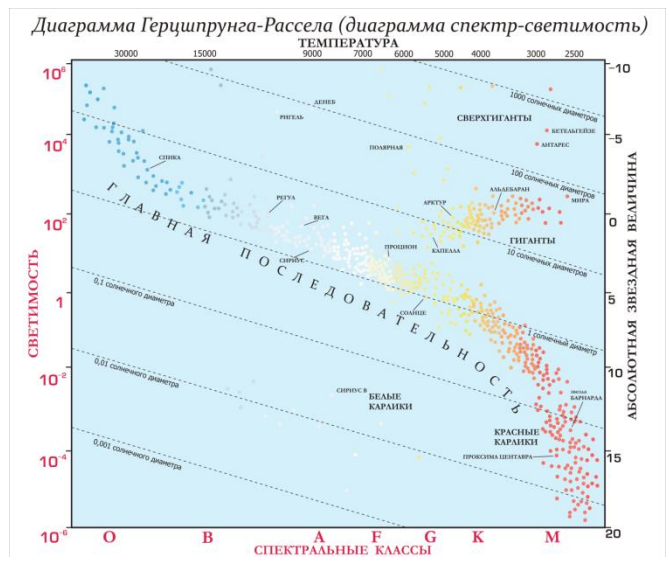
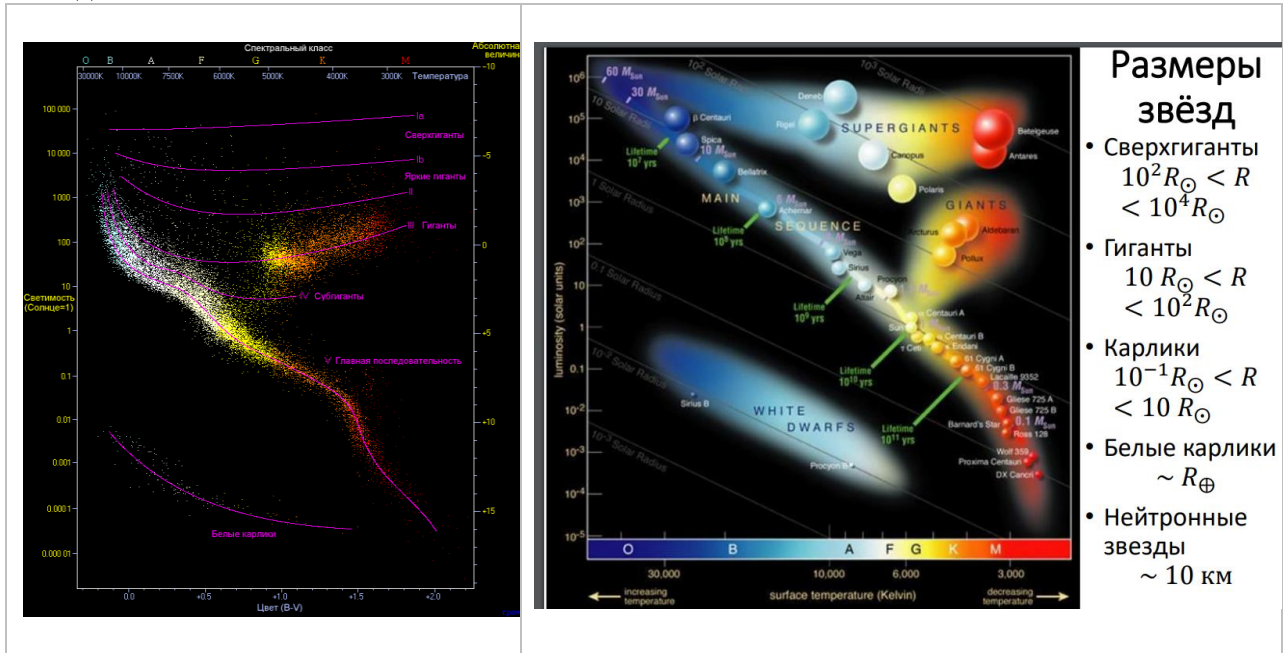
Класс светимости	Звезды	Представители
I	Сверхгиганты	Ригель
II	Яркие гиганты	Мирцам ( $\beta$ Большого Пса)
III	Гиганты	Поллукс ( $\beta$ Близнецов)
IV	Супергиганты	Процион ( $\alpha$ Малого Пса)
V	Звезды главной последовательности	Солнце, Сириус A
VI	Субкарлики	Звезда Каптейна (VZ Живописца)
VII	Белые карлики	Сириус B

**Красные гиганты.** К этой группе в основном относят звезды красного цвета с радиуса, в десятки раз превышающий солнечный, например, звезда Арктур ( $\alpha$  Водопада), радиус которой превышает солнечный в 25 раз, а светимость – в 140 раз.

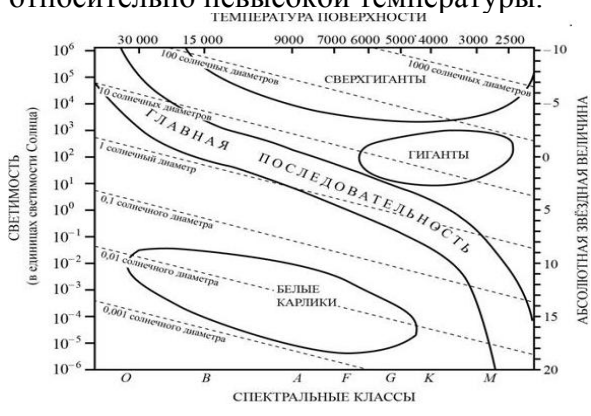
**Сверхгиганты.** Звезды со светимостями, в десятки и сотни тысяч раз превышающими солнечную. Радиусы этих звезд в сотни раз превышают радиус Солнца. Бетельгейзе при массе примерно в 15 раз больше солнечной ее радиус превышает солнечный почти в 1000 раз.

**Белые карлики.** Группа звезд в основном белого цвета со светимостями в сотни и тысячи раз меньше солнечной. Эти звезды имеют радиус почти в сто раз меньше солнечной и по размерам сравнимы с планетами. Звезда Сириус B – спутник Сириуса при массе, почти равной солнечной, и размере в 2,5 раза больше Земли имеет гигантскую среднюю плотность  $\rho = 3 \cdot 10^6 \text{ т/м}^3$ .

## Диаграмма Герцшпрунга-Рассела с гарвардской спектр-светимостью и цвет-звездная величина



На данной диаграмме проведены линии, вдоль которых располагаются звезды одинаковых размеров. Из анализа диаграммы можно установить, что к гигантам относятся звезды относительно невысокой температуры.



Более подробные сведения о диаграмме Герцшпрунга - Рессела вы можете найти в «Астронет»: <http://www.astronet.ru/db/msg/1191489>.

### **Вопросы для закрепления материала**

1. Какую зависимость между температурой звезды и её цветом вы можете установить, пользуясь построенной диаграммой?
2. Оцените температуру и цвет звезды главной последовательности спектрального класса А. Приведите пример такой звезды.

**Домашнее задание:** подготовить тему «Диаграмма Герцшпрунга – Рессела» к самостоятельной работе на следующем занятии. Повторите занятие № 11 от 23.11 (занятие проходило в zoom).

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов, Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. –М.: Дрофа, 2018.

Электронный ресурс:

2. Чаругин, В.М. Астрономия. 10-11 классы: базовый уровень / В.М. Чаругин. – М.: Просвещение, 2018, С. 91-93.

Материал по теме можно найти в электронном учебнике, перейдя по ссылке <https://cloud.mail.ru/public/GVTu/BknfgxyS3>