

Практическая работа №6

«Физическая природа  
звезд».

# Цель урока:

Определить как изменяются с увеличением размера звезды ее параметры: масса, плотность, светимость, время жизни, число звезд в Галактике.

- В 1959г **Г. КИРХГОФ**, работая вместе с **Р. БУНЗЕН** с 1854г, **открыли спектральный анализ**, назвав спектр непрерывным и сформулировали законы спектрального анализа, что послужило основой возникновения астрофизики:
  1. Нагретое твердое тело дает непрерывный спектр.
  2. Раскаленный газ дает эмиссионный спектр.
  3. Газ, помещенный перед более горячим источником, дает темные линии поглощения.**У. ХЕГГИНС** **первым применил 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 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,
- от 560 до 590 нм — желто-оранжевый, от 590 до 760 нм — красный.
- Однако цвет сложного излучения не определяется однозначно его спектральным составом. Глаз чувствителен к длине волны, несущей максимальную энергию  $\lambda_{\max} = b/T$  (закон Вина, 1896г).
- В начале 20-го столетия (1903—1907гг) **Эйна́р Герцшпру́нг** (1873-1967, Дания) первым определяет цвета сотен ярких звезд.

## 2. Температура звезд

- Непосредственно связана с цветом и спектральной классификацией. Первое измерение температуры звезд произведено в 1909г германским астрономом **Ю. Шейнер**. Температура определяется по спектрам с помощью закона Вина [ $\lambda_{\max} \cdot T = b$ , где  $b = 0,2897 \cdot 10^7 \text{ \AA} \cdot \text{K}$  - постоянная Вина]. 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! Самые холодные - **Гранатовая звезда** (m Цефея) и **Мира** (o Кита) имеют температуру 2300К, а e **Возничего A** - 1600 К.

### 3. **Спектральная** **классификация**

- В 1862г **Анжело Секки** (1818-1878, Италия) дает первую спектральную классическую звезд по цвету, указав 4 типа: **Белые, Желтоватые, Красные, Очень красные**
- Гарвардская спектральная классификация впервые была представлена в *Каталоге звездных спектров Генри Дрэпера* (1884г), подготовленного под руководством **Э. Пикеринга**. Буквенное обозначение спектров 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. К 1924г классификация окончательно была установлена **Энной Кэннон**.

O5=40000 К	B0=25000 К	A0=11000 К	F0=7600 К	G0=600 0	K0=5120 К	M0=3600 К
голубой	белый		желтый		оранжевый	красный
O	B	A	F	G	K	M
ср. 30000 К	ср. 15000 К	ср. 8500К	ср. 6600 К	ср. 5500 К	ср. 4100К	ср. 2800К

Порядок спектров можно запомнить по терминологии: = *Один бритый англичанин финики жевал как морковь* =

Солнце – G2V (V – это классификация по светимости - т.е. последовательности). Эта цифра добавлена с 1953 года. | Таблица 13 – там указаны спектры звезд |



## ***4. Химический состав звезд***

- 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.

# 5. Светимость звезд

- Звезды излучают энергию во всем диапазоне длин волн, а светимость  $L = \sigma T^4 4\pi R^2$  - общая мощность излучения звезды.  $L = 3,876 \cdot 10^{26} \text{ Вт/с}$ . В 1857г **Норман Погсон** в Оксфорде устанавливает формулу  $L_1/L_2 = 2,512 M_2 - M_1$ . Сравнивая звезду с Солнцем, получим формулу  $L/L_1 = 2,512 M - M$ , откуда логарифмируя получим  $\lg L = 0,4 (M - M)$  Светимость звезд в большинстве  $1,3 \cdot 10^{-5} L < L < 5 \cdot 10^5 L$ . 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  $0,000055 L$ .

# 6. Размеры звезд

существует несколько способов их определения:

- **1)** Непосредственное измерение углового диаметра звезды (для ярких  $\geq 2,5^m$ , близких звезд,  $>50$  измерено) с помощью интерферометра Майкельсона. Впервые измерен угловой диаметр  $\alpha$  Ориона-Бетельгейзе 3 декабря 1920г = **Альберт Майкельсон и Франсис Пиз.**
- 2)** Через светимость звезды  $L=4\pi R^2\sigma T^4$  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** в 1913г, а открыл их в 1905г **Эйна́р Герцшпру́нг**, введя название "белый карлик"), введены с 1953 года на:

- Сверхгиганты (I)
- Яркие гиганты (II)
- Гиганты (III)
- Субгиганты (IV)
- Карлики главной последовательности (V)
- Субкарлики (VI)
- Белые карлики (VII)

- Размеры звезд колеблются в очень широких пределах от  $10^4$  м до  $10^{12}$  м. Гранатовая звезда  $\pi$  Цефея имеет диаметр 1,6 млрд. км; красный сверхгигант  $\epsilon$  Возничего A имеет размеры в  $2700R_{\square}$  - 5,7 млрд. км! Звезды Лейтена и Вольф-475 меньше Земли, а нейтронные звезды имеют размеры 10 - 15 км.

# 7. Масса звезд

- одна из важнейших характеристик звезд, указывающая на ее эволюцию, т.е. определяет жизненный путь звезды.
- *Способы определения:*
- 1. Зависимость масса-светимость, установленная астрофизиком **А.С. Эддингтон** (1882-1942, Англия).  $L \approx m^{3,9}$
- 2. Использование 3 уточненного закона Кеплера, если звезды физически двойные
- Теоретически масса звезд  $0,005M_{\odot}$  (предел Кумара  $0,08M_{\odot}$ )  $< M < 150M_{\odot}$ , причем маломассивных звезд существенно больше, чем тяжеловесных, как по количеству, так и по общей доле заключенного в них вещества ( $M_{\odot} = 1,9891 \times 10^{30}$  кг (333434 масс Земли)  $\approx 2 \cdot 10^{30}$  кг).

- Самые легкие звезды с точно измеренной массой находятся в двойных системах. В системе Ross 614 компоненты имеют массы 0,11 и 0,07  $M_{\odot}$ . В системе Wolf 424 массы компонентов составляют 0,059 и 0,051  $M_{\odot}$ . А у звезды LHS 1047 менее массивный компаньон весит всего 0,055  $M_{\odot}$ .
- Обнаружены "коричневые карлики" с массами 0,04 - 0,02  $M_{\odot}$ .

# 8. Плотность звезд

Плотность звезд находится

$$\rho = M/V = M / (4/3\pi R^3)$$

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 ( $\alpha$  Скорпиона)  $\rho = 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$ , Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона)  $\rho = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^3$ . Очень большие плотности имеют белые карлики: Сириус В  $\rho = 1,78 \cdot 10^8 \text{ кг/м}^3$ . Но еще больше средняя плотность нейтронных звезд. Средние плотности звезд изменяются в интервале от  $10^{-6}$



# Задание:

**Задача 1:** Светимость Кастора (а Близнецы) в 25 раз превосходит светимость Солнца, а его температура 10400К. Во сколько раз Кастор больше Солнца?

**Задача 2:** Красный гигант в 300 раз превосходит Солнце по размеру и в 30 раз по массе. Какова его средняя плотность?

**Задание 3.** Заполнить таблицу классификации звезд (ниже) отметить, как изменяются с увеличением размера звезды ее параметры: масса, плотность, светимость, время жизни, число звезд в Галактике.

Классы звезд	Массы M	Размеры R	Плотность г/см <sup>3</sup>	Светимость L	Время жизни, лет	% общего числа звезд
Ярчайшие сверхгиганты						
Сверхгиганты						
Яркие гиганты						
Нормальные гиганты						
Субгиганты						
Нормальные звезды						
- белые						
- желтые						
- красные						
Белые карлики						

- Сделайте вывод.