
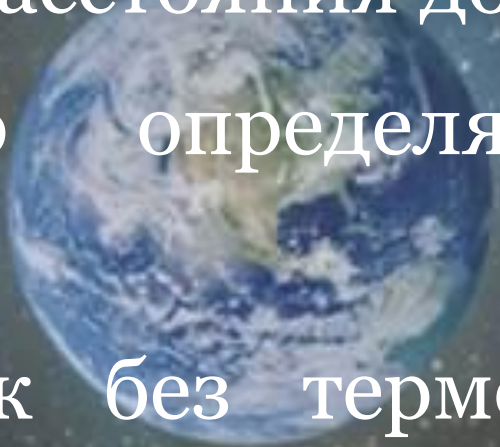


ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЕЗД

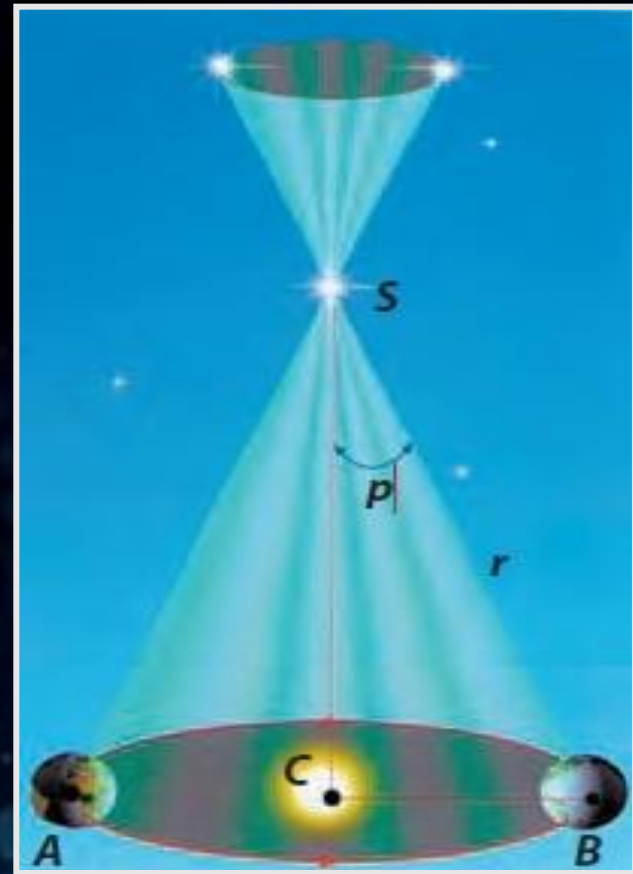


- 
- Сегодня на занятии мы увидим, как измеряются расстояния до звезд;
 - узнаем, что определяют звездные величины;
 - выясним, как без термометра можно измерять температуру звезд.

РАССТОЯНИЕ ДО ЗВЕЗД

Для определения расстояний до звезд астрономы измеряют годичный параллакс, который связан с орбитальным движением Земли вокруг Солнца. Расстояние от Земли до звезды определяется из прямоугольного треугольника CBS:

$$r = 1 \text{ a.e.} / \sin p$$



Годичный параллакс определяет угол, под которым было бы видно со звезды большую полуось земной орбиты в перпендикулярном к лучу зрения направлении

Расстояние до звезд измеряют в *световых годах*, но астрономы еще используют единицу *парсек* (пк), для которой годичный параллакс $p = 1''$ (парсек — сокращение от параллакс-секунда).

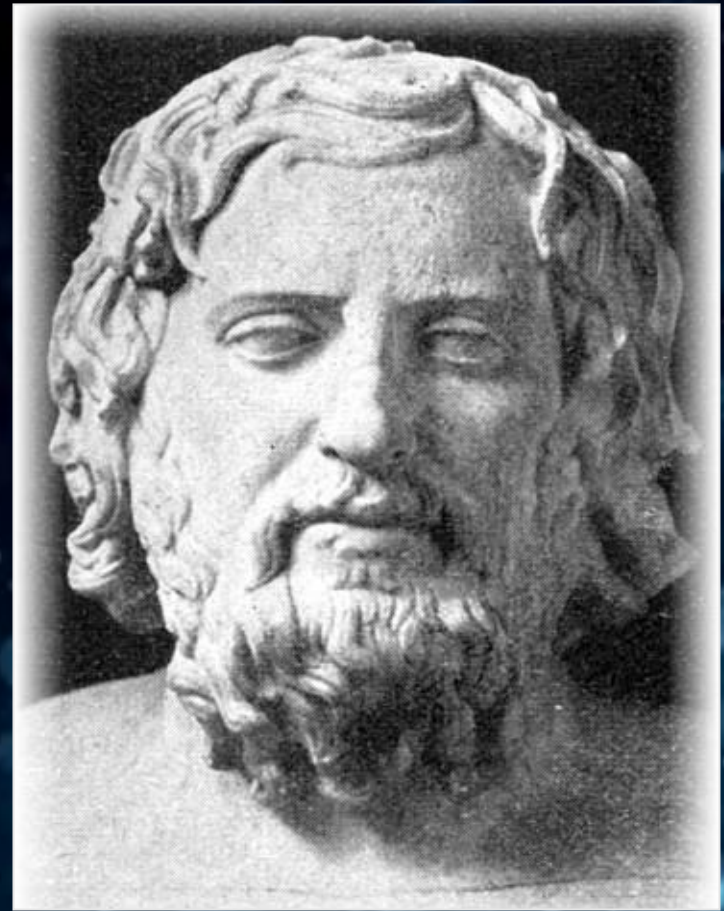
1 ПК \approx 3,26 св. года



ВИДИМЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

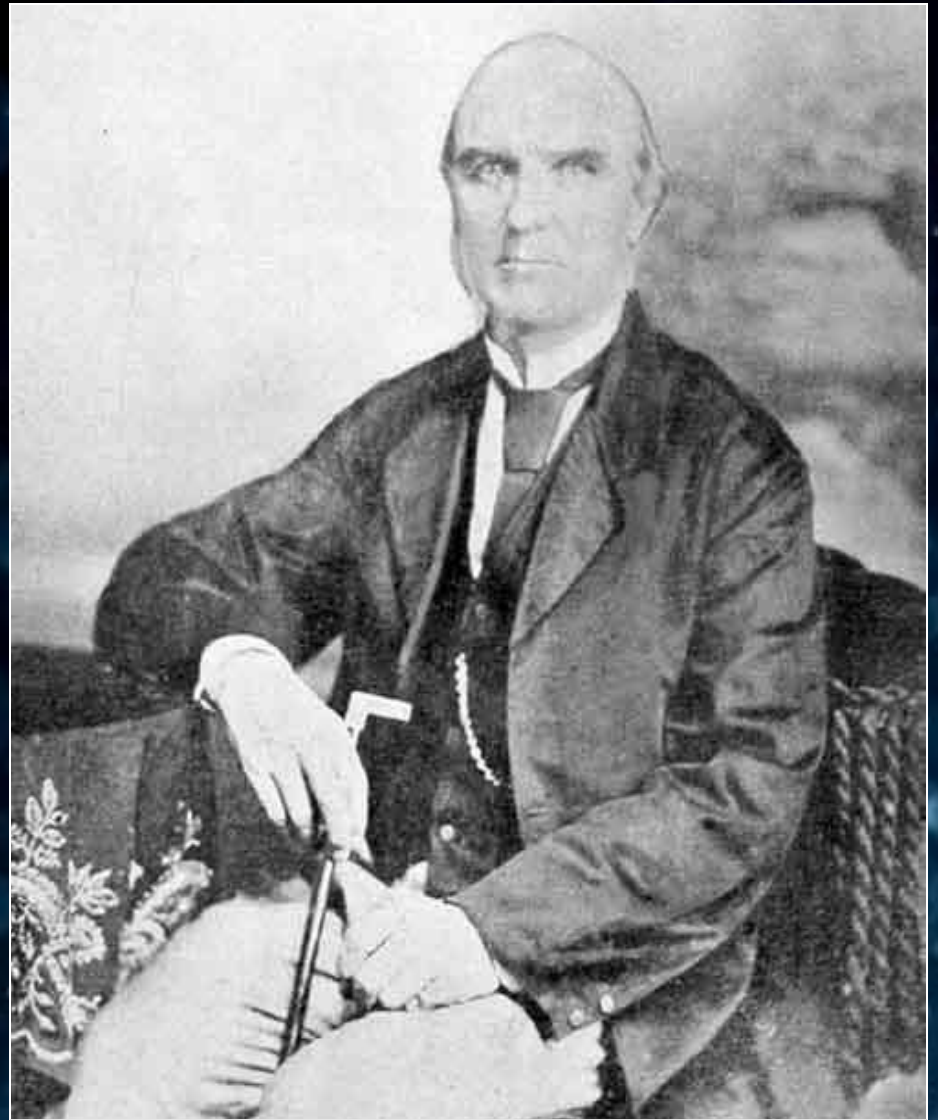
Греческий астроном Гиппарх во II ст. до н.э. разделил все звезды по яркости на 6 классов — 6 **звездных величин.**

Самые яркие звезды были названы звездами 1-й звездной величины, а самые слабые, которые едва видно на небе, — 6-й.



Гиппарх
(около 190 г. до н. э. —
после 126 г. до н. э.)

Английский
астроном **Норман**
Погсон **дополнил**
определение
звездной
величины **еще**
одним условием:
звезды **1-й**
звездной
величины **должны**
быть в 100 раз ярче
звезд **6-й**
величины



Норман Роберт Погсон
(1829 – 1891) – английский
астроном

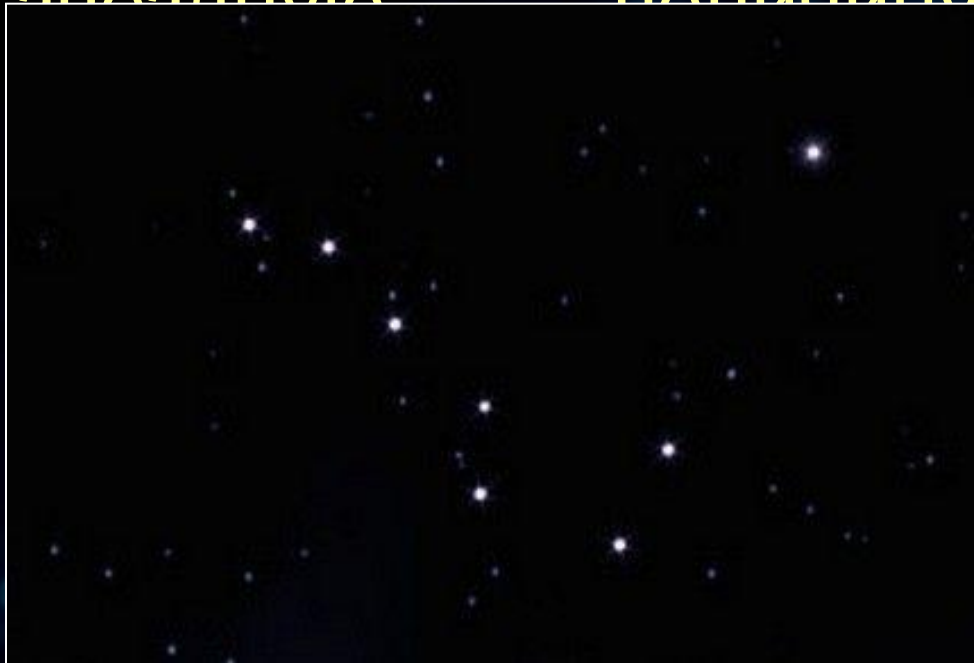
Обозначают **видимую звездную величину** буквой **m**. Для звездных величин m_1 и m_2 будет справедливо такое отношение их яркостей E_1 та E_2 :

$$\frac{E_1}{E_2} = 10^{0,4(m_2 - m_1)}$$

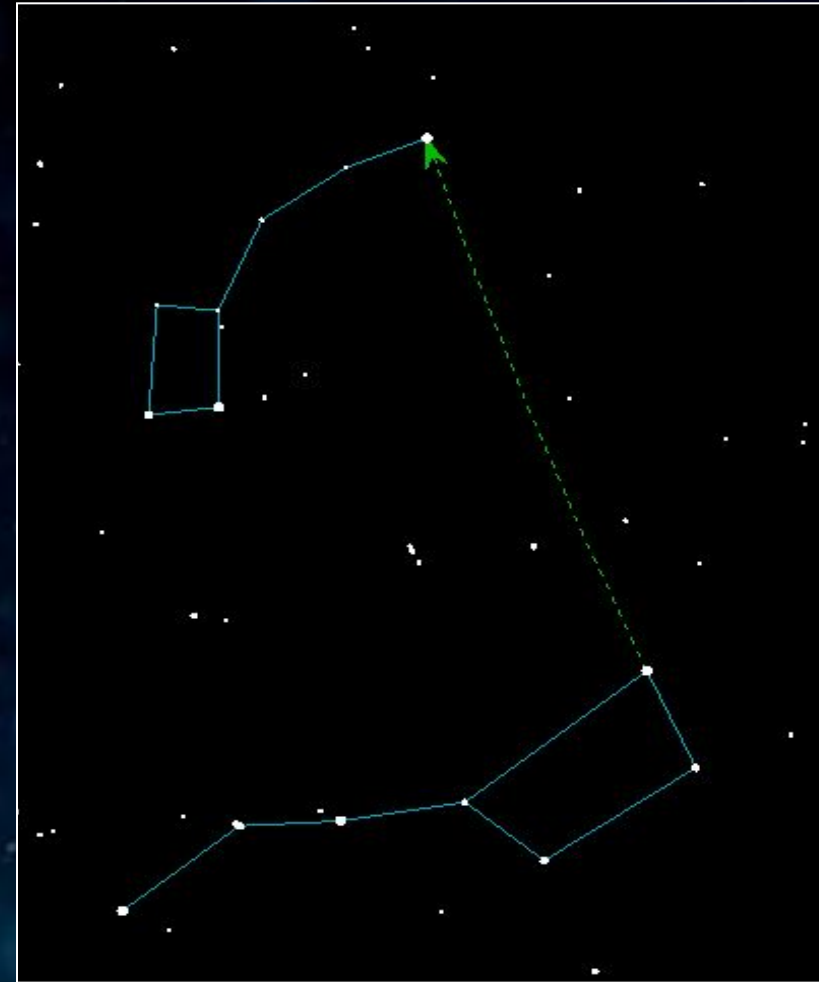
За стандарт выбрали Полярную звезду, которая имеет звездную величину $m = +2m$.

Относительно этого стандарта **самые слабые** звезды, которые еще можно увидеть невооруженным глазом, имеют

звездную величину



Полярная звезда на небе



Метод поиска Полярной звезды на небе

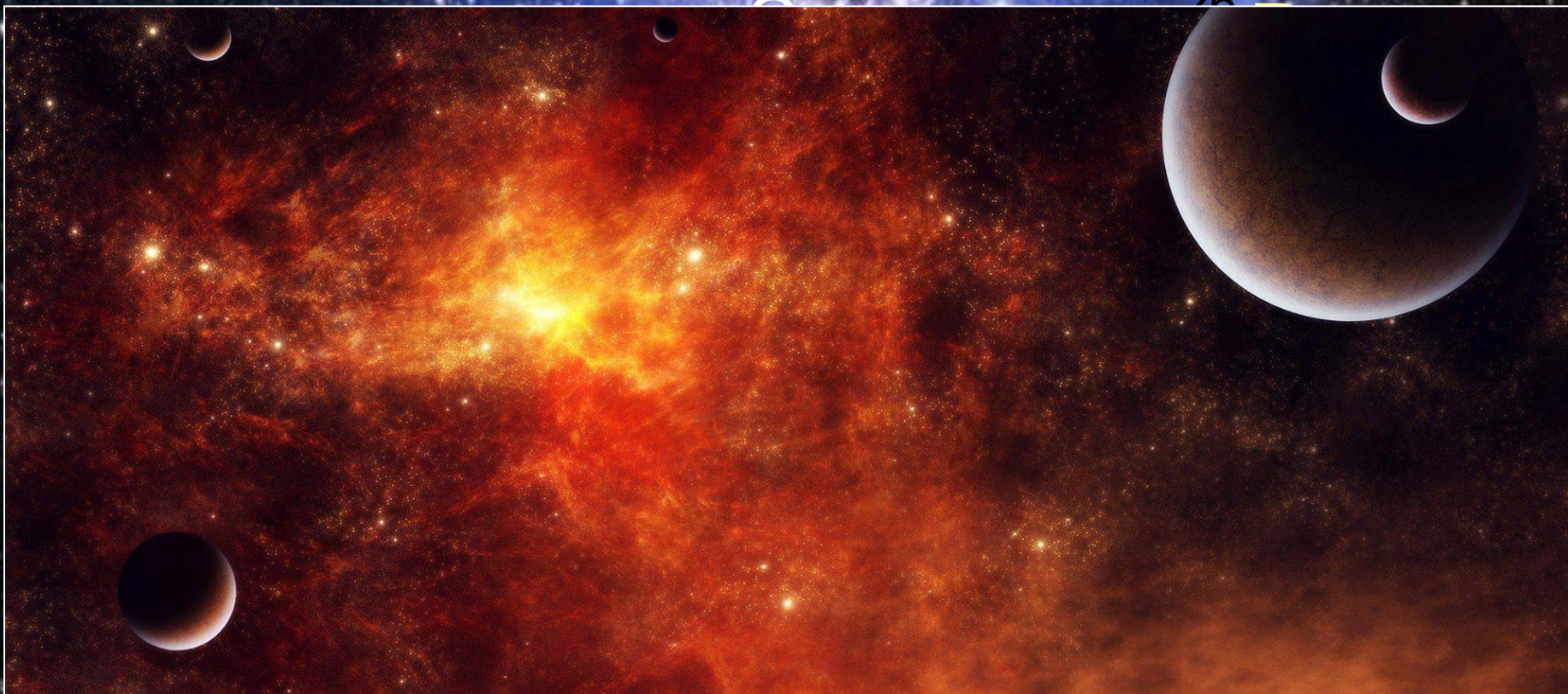
АБСОЛЮТНЫЕ ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

Солнце на расстоянии
10 пк имело бы вид
достаточно слабой
звезды пятой звездной
величины, то есть
абсолютная звездная
величина Солнца **M**

= +5m



Светимость звезды L определяет количество энергии, которую излучает звезда за единицу времени, то есть мощность излучения звезды. За единицу светимости в астрономии принимают



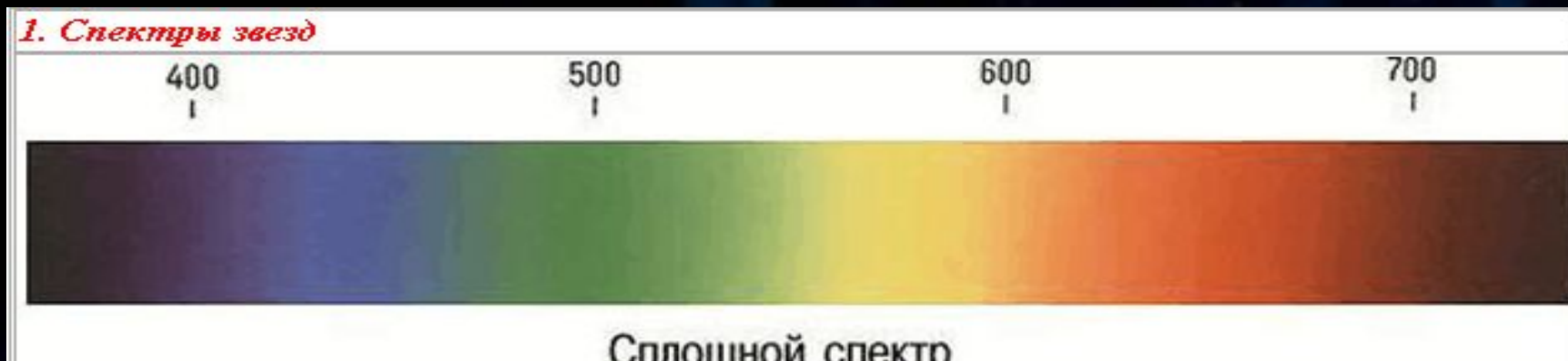
Видимые и абсолютные звездные величины некоторых звезд

Звезда	m	M
Солнце	-26,7	+4,8
Сириус	-1,6	+1,3
Арктур	-0,1	-0,3
Вега	0	+0,5
Капелла	+0,1	-0,7
Ригель	+0,1	-7,5
Процион	+0,4	+2,6
Бетельгейзе	+0,4	-6,0
Альтаир	+0,8	+2,2
Денеб	+1,3	-7,4

Светимость L некоторых звезд

Звезда	L
Солнце	1
Денеб	90 000
Ригель	70 000
Бетельгейзе	25 000
Полярная	17 600
Капелла	150
Арктур	102
Вега	54
Сириус	23
Альтаир	10

СПЕКТРЫ ЗВЕЗД



Исаак Ньютон (1643-1727) в 1665г разложил свет в спектр и объяснил его природу.

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.

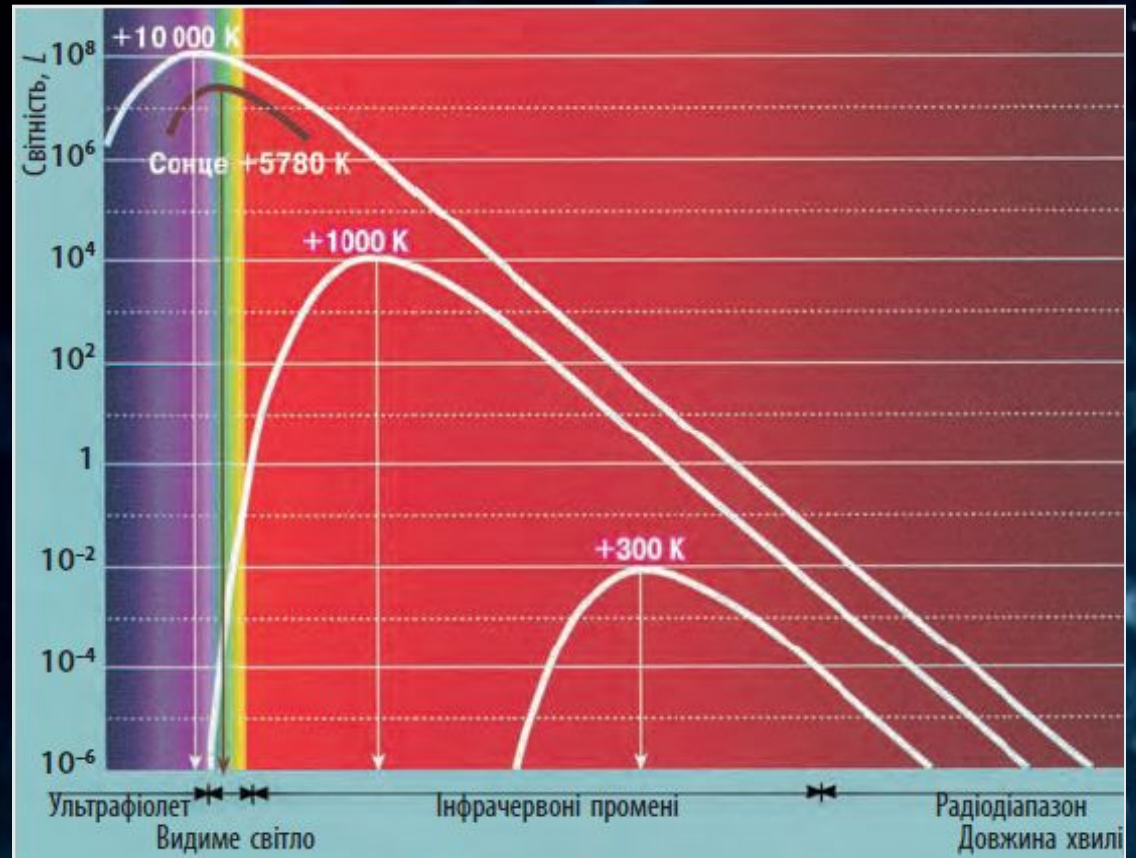
Обычно в спектре каждой звезды есть темные линии поглощения (фраунгоферовы линии), которые образуются в разреженной атмосфере звезды и в атмосфере Земли и показывают химический состав атмосферы

Все звезды имеют почти одинаковый **химический состав**, потому что основные химические элементы во Вселенной — *водород и гелий*.



ЦВЕТ И ТЕМПЕРАТУРА ЗВЕЗД

Самый простой метод измерения температуры звезд заключается в определении ее цвета

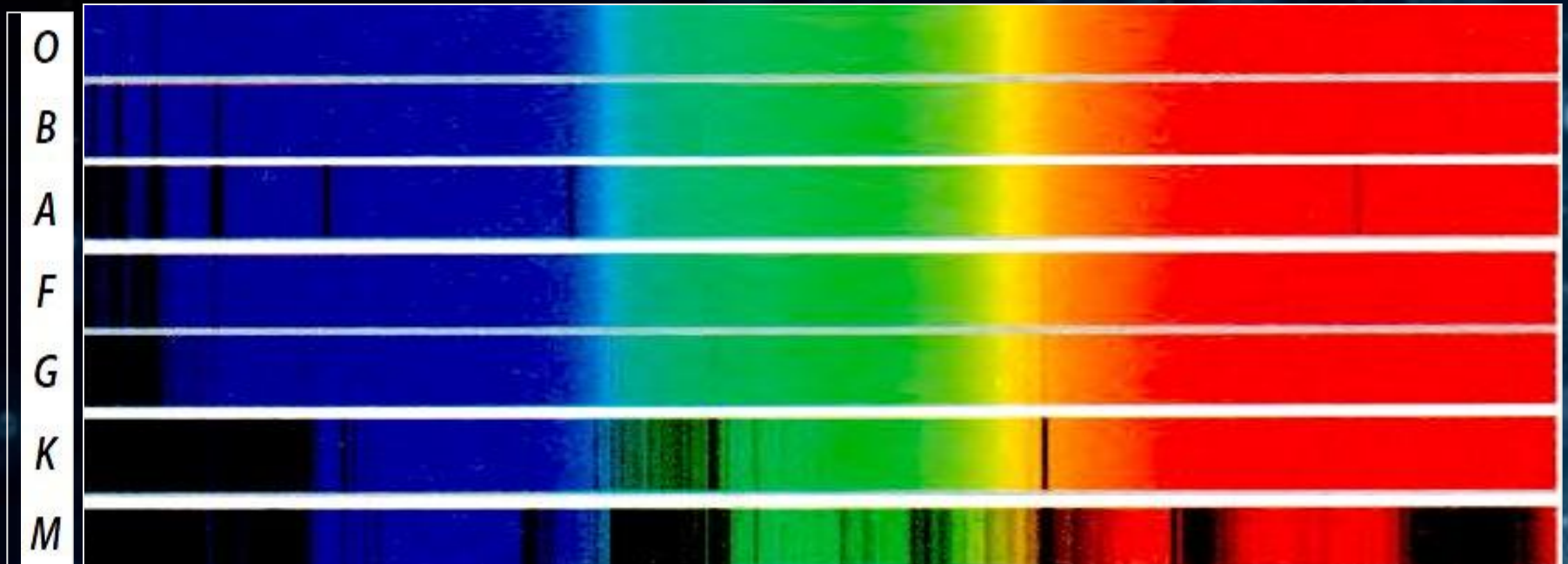


Интенсивность излучения космических тел с разной температурой

СПЕКТРАЛЬНЫЕ КЛАССЫ

По температуре звезды разделили на 7 спектральных классов, которые обозначили буквами латинской азбуки:

O, B, A, F, G, K, M



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

РАДИУСЫ ЗВЕЗД

Радиус звезды можно определить, измеряя ее светимость и температуру поверхности.

Для определения радиуса звезды астрономы используют закон Стефана—Больцмана:

$$Q = \sigma \cdot T$$

где Q — энергия, которую излучает единица поверхности звезды за единицу времени; σ — постоянная Стефана—Больцмана;

T — абсолютная температура поверхности звезды.



Радиусы некоторых звезд в сравнении с Солнцем

Мощность, которую излучает звезда с радиусом R , определяется общей площадью ее поверхности, то есть:

$$E = 4\pi R^2 \cdot Q = 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$$

Оказалось, что существуют звезды, которые имеют радиус в сотни раз больший радиуса Солнца, и звезды, имеющие радиус меньший, чем радиус Земли

По своим размерам, звезды делятся на:

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

Размеры звезд



Белые карлики — звезды, имеющие радиус в сотни раз меньший солнечного и плотность в миллионы раз большую плотности воды.

Красные карлики — звезды с массой меньшей, чем у Солнца, но большей, чем у Юпитера. Температура и светимость этих звезд остаются постоянными на протяжении десятков миллиардов лет.

Красные гиганты — звезды, имеющие температуру 3000—4000 К и радиус в десятки раз больший солнечного. Масса этих звезд не намного больше массы Солнца. Такие звезды не находятся в состоянии равновесия

ЗВЕЗДЫ - ГИГАНТЫ



Шаровое
скопление **M15**
в в Пегасе, в
котором
находится
красный гигант
спектрального
класса M2.3 II-III
– **Бета Пегаса**



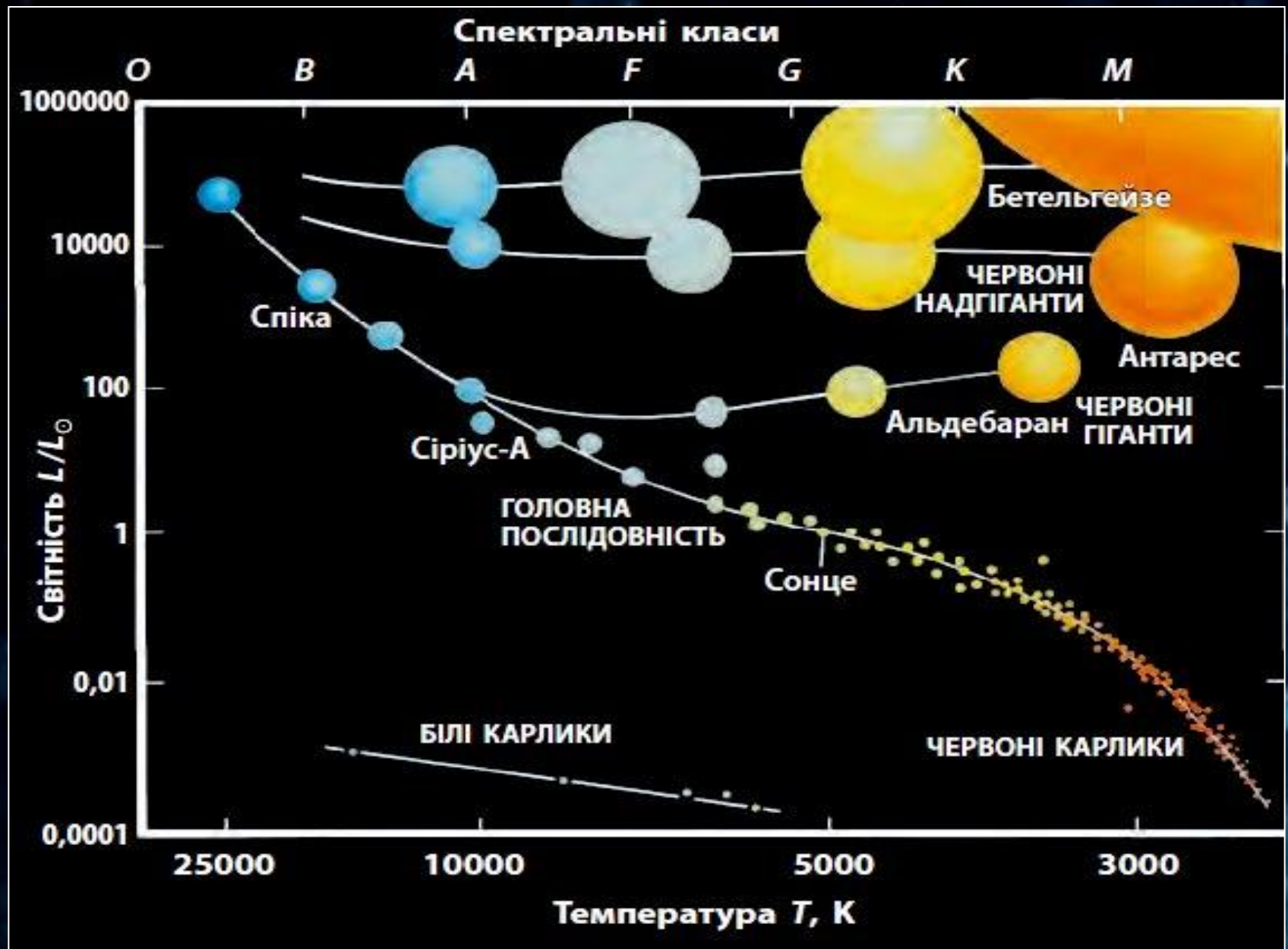
- Если поместить Бетельгейзе – красный сверхгигант, находящийся на расстоянии 640 световых лет, в центре нашей Солнечной системы, то газовый шлейф протянется за орбиту Юпитера.

ЗВЕЗДЫ БЕЛЫЕ КАРЛИКИ

Бинарная
система из двух
белых карликов.
NLTT 11748
(больший карлик
легче, меньший -
тяжелее)



ДИАГРАММА СПЕКТР - СВЕТИМОСТЬ



СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД

Спектральный класс	Абсолютная звездная величина, $M_{\text{абс}}$	Эффективная температура, тыс. К	Основные линии	Цвет
O	-5,7 ÷ -3,3	40-28	H⁺, He, H	Светло-голубой
B	-4,7 ÷ +0,5	28-10	He, H	Бело-голубой
A	+0,1 ÷ +3,7	10-7	H	Белый
F	+2,6 ÷ +4,6	7-6	H, Ca⁺	Желтовато-белый
G	+4,4 ÷ +6,0	6-5	Ca⁺, Fe, Ti	Желтоватый
K	+5,9 ÷ +9,0	5-3,5	Fe, Ti	Желто-горячий
M	+9,0 ÷ +16	3,5-2,5	TiO	Красноватый

Характеристики звезд главной последовательности

Спектральный класс	Масса, M_{\odot}	Радиус, R_{\odot}	Светимость, L_{\odot}	Время жизни на ГП, лет
B_0	17-3,2	9-2,8	30 000-100	$8 \cdot 10^6$ - $4 \cdot 10^8$
A_0	3,2-1,5	2,8-1,25	100-4,8	$4 \cdot 10^8$ - $4 \cdot 10^9$
F_0	1,5-1,02	1,25-1,02	4,8-1,2	$4 \cdot 10^9$ - $1,1 \cdot 10^{10}$
G_0	1,02- 0,74	1,02-0,74	1,2-0,35	$1,1 \cdot 10^{10}$ — $1,7 \cdot 10^{10}$
G_2 (Солнце)	1,0	1,0	1,0	$1,3 \cdot 10^{10}$
K_0	0,74-0,31	0,74-0,33	0,35-0,03	$1,7 \cdot 10^{10}$ - $2,8 \cdot 10^{10}$
K_5	0,54	0,54	0,10	$7,0 \cdot 10^{10}$

ВЫВОДЫ

Хотя все звезды одинаково выглядят, но их физические характеристики – светимость, температура, радиус, плотность – существенно отличаются друг от друга

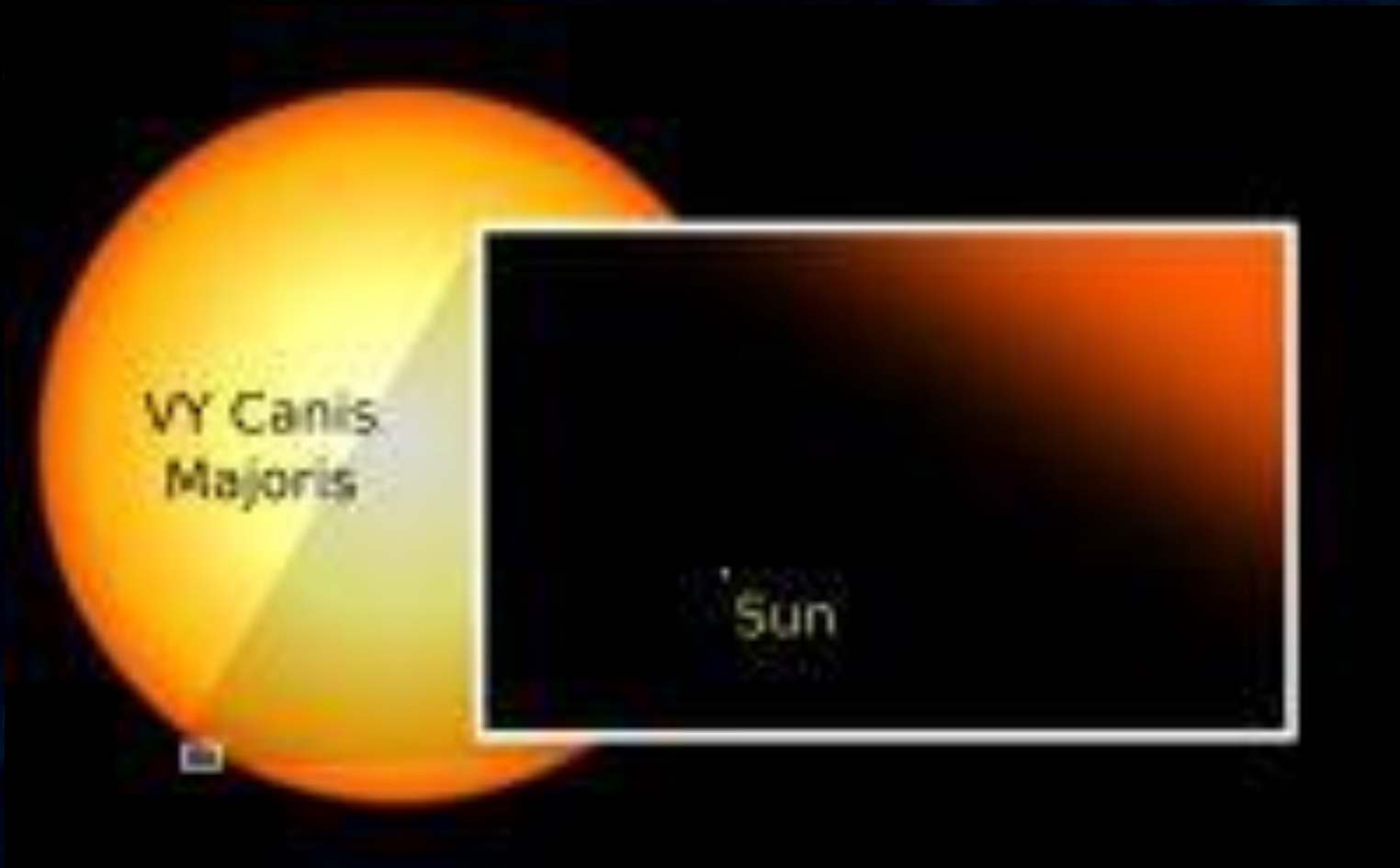
Солнце по своим параметрам принадлежит к желтым звездам, которые находятся в состоянии равновесия и не изменяют свои размеры в течение миллиардов лет

В космосе существуют звезды-гиганты, которые в тысячу раз больше, чем Солнце, и звезды-карлики, радиус которых меньше, чем радиус Земли

ВОПРОСЫ

1. Название звезды (1 б)
2. К какому созвездию относится данная звезда? (1 б)
3. Видимая звездная величина (1 б)
4. Расстояние до звезды в парсеках и св. годах(2 б)
5. Во сколько раз светимость больше светимости Солнца? (1 б)
6. Чему равна энергия E , излучаемая звездой ежесекундно? (2 б)
7. К какому спектральному классу по температуре относится ваша звезда? (1 б)
8. К какому типу звезд по своим размерам относится данная звезда (карлик, нормальная звезда, гигант, сверхгигант)? (1 б)
9. Определите радиус выбранной вами звезды, если радиус Солнца равен $\approx 7 \cdot 10^5$ км (2 б)

СОЛНЦЕ И КАНИС МАЖОРИС



СИРИУС, ПРОЦИОН И СОЗВЕЗДИЕ ОРИОНА



АЛЬФА ЦЕНТАВРА



АЛЪБИРЕО



ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Ответить на вопросы тестов (смотри отдельный файл в Приложении)
2. Определите радиус одной из ярких звезд, которая видна вечером в ваш день рождения

РЕФЛЕКСИЯ





Спасибо за внимание!

