

**«Расстояния до звёзд.  
Характеристики излучения  
звёзд»**

**(Читать, основное законспектировать.)**



Мысли о том, что звезды – это далекие солнца, высказывались еще в глубокой древности.

Еще Аристотель понимал, что если Земля движется, то, наблюдая положение кой-либо звезды из двух диаметрально противоположных точек земной орбиты, можно заметить, что направление на звезду изменится.

Это кажущееся (параллактическое) смещение звезды будет служить мерой расстояния до нее:  
**чем смещение больше, тем ближе к нам расположена звезда.**

**При наблюдении за звездами можно заметить, что их координаты медленно меняются со временем вследствие их перемещения по небу.**

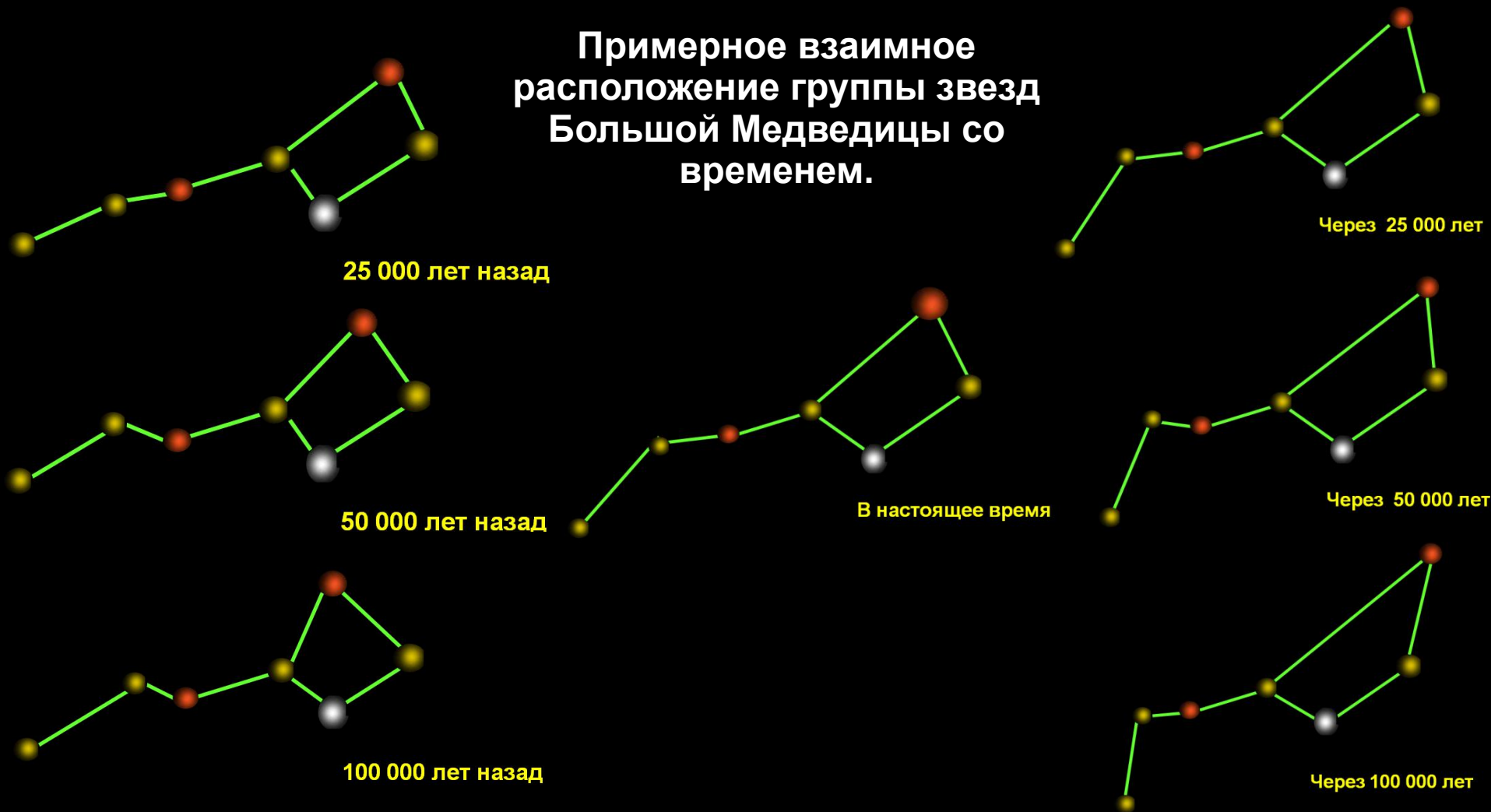


**В 720 г. И. Синь (Чжин Суй, 683-727, Китай) в ходе углового измерения расстояния между 28 звездами, впервые высказывает предположение о перемещении звезд.**

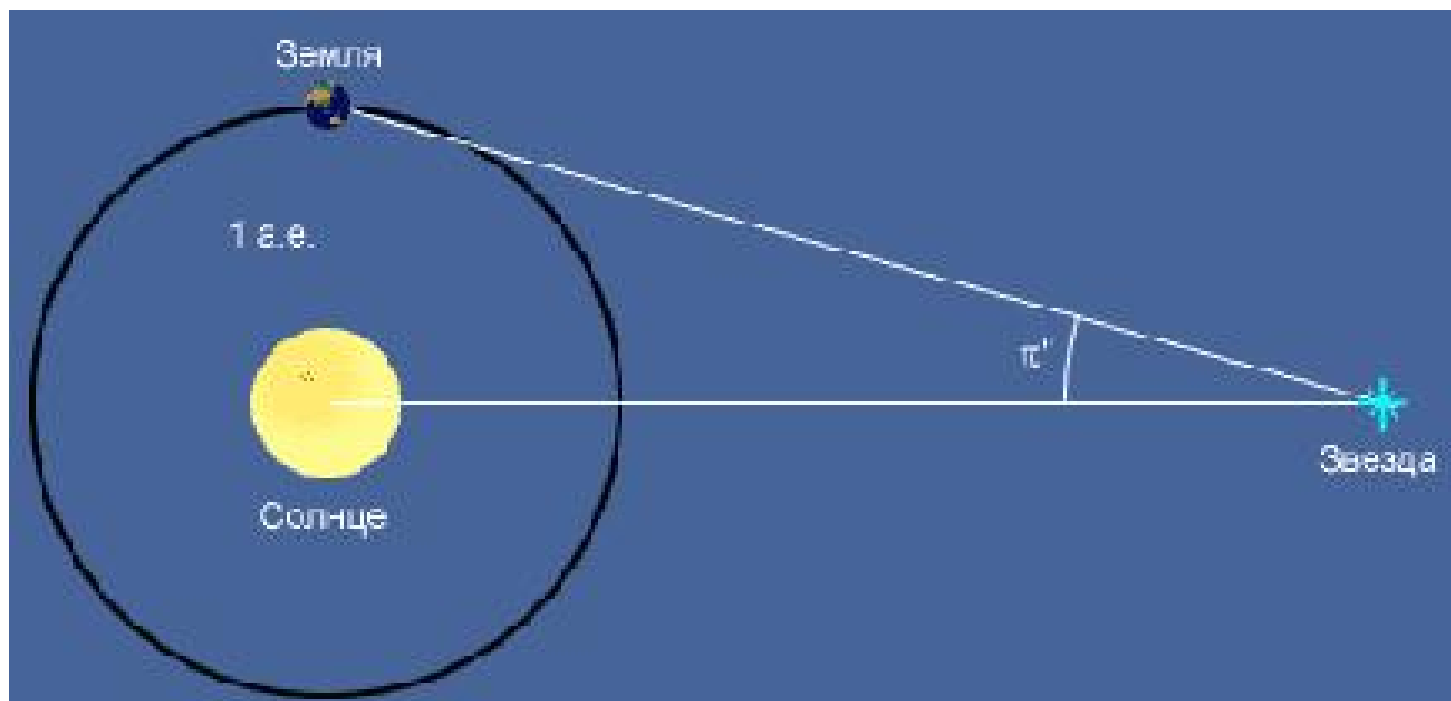
# Изменение положения звезд на небе

Звезды движутся с разными скоростями, в разном направлении и находятся на разном расстоянии от нас. Вследствие этого взаимное расположение звезд меняется со временем, что можно заметить в течение тысячелетий.

Примерное взаимное  
расположение группы звезд  
Большой Медведицы со  
временем.



**Для сравнительно близких звезд, удаленных на расстояние, не превышающие нескольких десятков парсек, расстояние определяется методом параллакса. Он известен более 2 тыс. лет, а к звездам его стали применять 160 лет назад.**



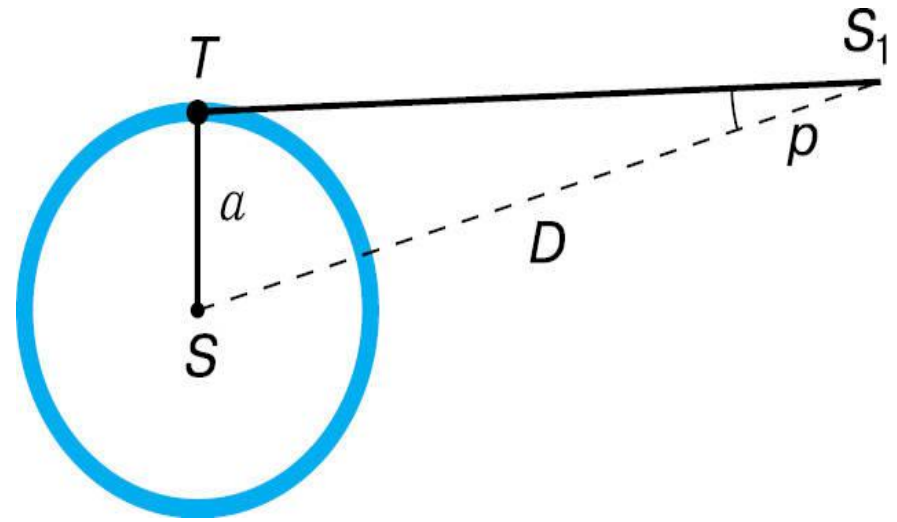
При этом измеряют ничтожно малые угловые смещения звезд при их наблюдении с разных точек земной орбиты, то есть разное время года.



# Годичный параллакс

## Годичным параллаксом

звезды  **$p$**  называют угол, под которым со звезды можно было бы видеть большую **полуось земной орбиты** (равную 1 а. е.), перпендикулярную направлению на звезду

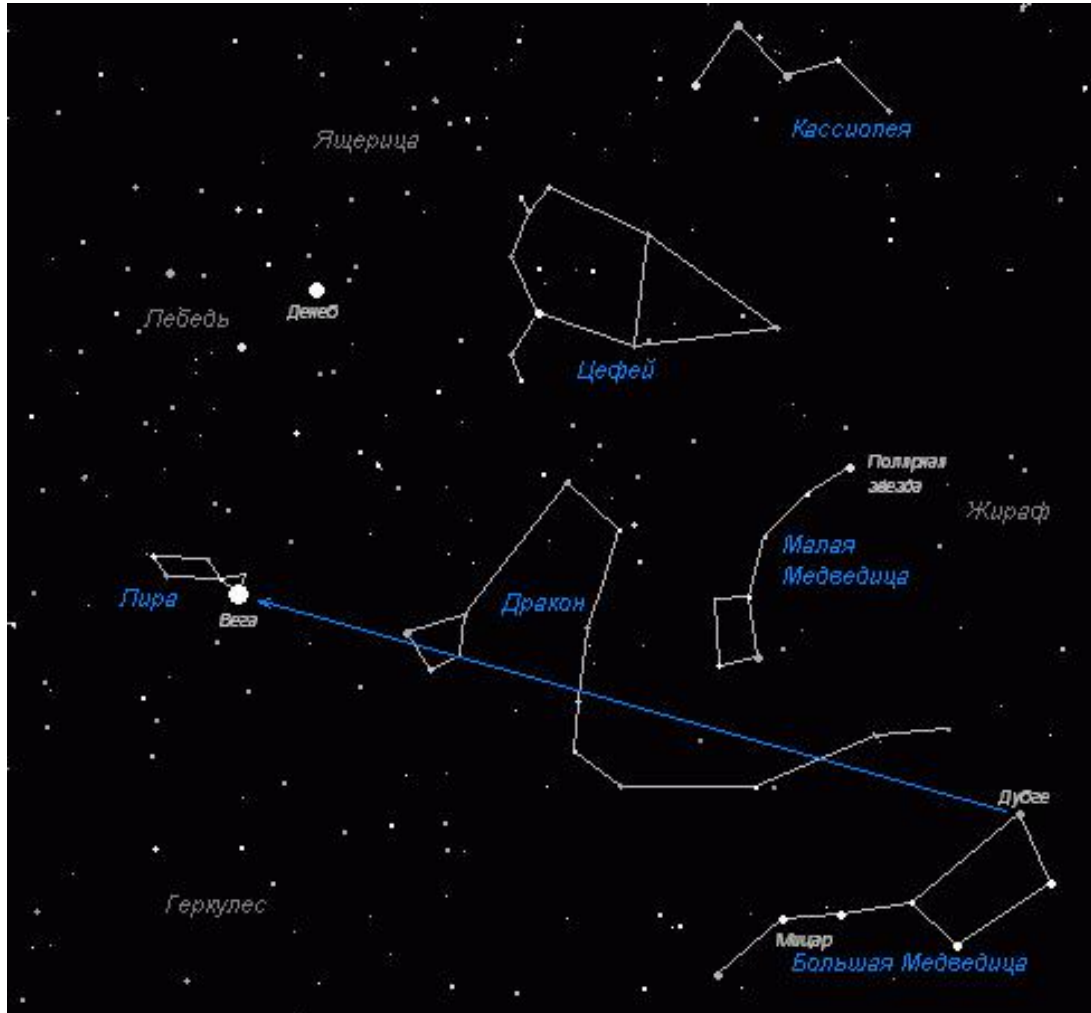


$$D = \frac{a}{\sin p},$$

$$D = \frac{206\,265''}{p}.$$

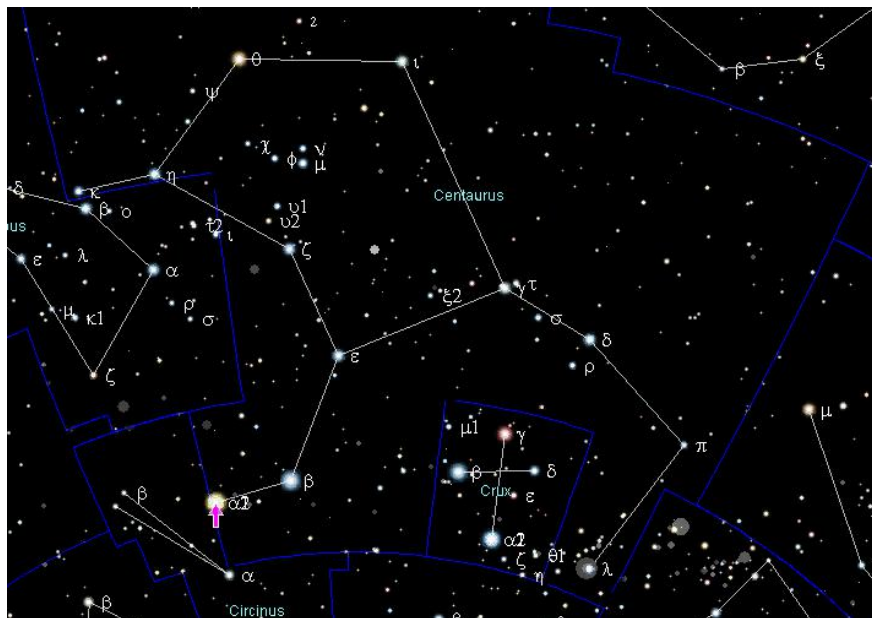
В 1837 г. впервые были осуществлены надежные измерения **годового параллакса**.

Русский астроном Василий Яковлевич Струве (1793–1864) провел эти измерения для ярчайшей звезды Северного полушария **Веги** ( $\alpha$  Лирь).



Василий Яковлевич Струве





Почти одновременно в других странах определили параллаксы еще двух звезд, одной из которых была  $\alpha$  **Центавра**.

Эта звезда, которая с территории России не видна, оказалась ближайшей к нам.

Даже у нее годичный параллакс составил всего  $0,75''$ .

Под таким углом невооруженному глазу видна проволочка толщиной  $1 \text{ мм}$  с расстояния  $280 \text{ м}$ .

Расстояние до ближайшей звезды, параллакс которой  $p = 0,75''$ , составляет

$$D = \frac{206265''}{0,75''} = 270\,000 \text{ а. е.}$$

Единицами для измерения столь значительных расстояний являются парсек и световой год.

Параллаксы даже самых близких звезд меньше 1". С понятием параллакса связано название одной из основных единиц в астрономии – *парсек*. Парсек – это расстояние до воображаемой звезды, годичный параллакс которой равен 1":

$$R=1/p$$

где  $R$  – расстояние в парсеках,  $p$  – годичный параллакс в секундах.  
1 парсек = 3,26 светового года = 206 265 астрономических единиц =  $3,083 \cdot 10^{15}$  м.

Световой год равен:

9 460 730 472 580 800 метрам  $\approx 9,46 \cdot 10^{15}$  метра

63 241,077 астрономической единицы (а.е.)

0,306 601 парсека

# Единицы измерения расстояний

**Парсек** — это такое расстояние, на котором параллакс звёзд равен  $1''$ . Отсюда и название этой единицы: пар — от слова «параллакс», сек — от слова «секунда». Расстояние в парсеках равно обратной величине годового параллакса.

**Световой год** — это такое расстояние, которое свет, распространяясь со скоростью 300 тыс. км/с, проходит за год.

$$1 \text{ пк (парсек)} = 3,26 \text{ светового года} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$

# Пример решения задачи

№1:

Задание: Годичный параллакс Веги ( $\alpha$  Лиры) равен 0,12 . Каково расстояние до неё в парсеках и световых годах?

Дано:

$$\pi = 0,12''$$

Найти:

$r = - ?$  Пк

$r = - ?$  Св.лет

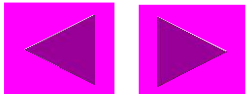
Решение:

$$r_{\text{Пк}} = \frac{1}{\pi}; \quad r_{\text{Пк}} = \frac{1}{0,12} \text{ Пк} = 8,33 \text{ Пк}$$

$$r_{\text{СВ.ЛЕТ}} = 3,26 \text{ св.лет} \cdot 8,33 = 27,1 \text{ св.лет.}$$

Ответ:  $r_{\text{Пк}} = 8,33 \text{ Пк.}$

$$r_{\text{СВ.ЛЕТ}} = 27,1 \text{ св.лет.}$$



Расстояние до звезд можно оценить методом *спектрального параллакса*. График зависимости отношения интенсивности определенных пар спектральных линий от абсолютной звездной величины звезд строится по интенсивности линий в спектрах тех звезд, расстояние до которых надежно определено. Поэтому по спектральным линиям можно оценить светимость звезды, а затем найти расстояние до нее.



Поскольку параллакс всегда меньше 1", то  
расстояние до звезды

$$r = \frac{206\,265''}{\pi} \text{ а.е.}$$



**Сверхгигант в  
созвездии Скорпиона -  
Антарес**

**В созвездии Центавр находится третья по блеску звезда неба после Сириуса и Канопса – Альфа Центавра или Толиман. Альфа Центавра является тройной звездой. Главная звезда похожа на Солнце, имеет тот же спектральный класс G2 и примерно такую же светимость, что и Солнце. На расстоянии 17,7" расположена вторая звезда красноватого цвета. Это красный карлик, который по светимости втрое меньше нашего Солнца. Период обращения этой пары звезд примерно 80 лет. Рядом с ними обращается еще один красный карлик, светимость которого в 20 000 раз меньше, чем нашего Солнца. Это и есть ближайшая к нашему Солнцу звезда – Проксима Центавра («Близкая»).**



**Метод параллакса является на данный момент наиболее точным способом определения расстояний до звезд, однако он не применим к звездам, отстоящим от нас на расстояние больше, чем 300 пк. При этом необходимо измерять слишком малые смещения положения звезд – меньше одной сотой доли секунды дуги!**



Спутник «Гиппарх»  
определял расстояния до звезд  
с высокой точностью



Самые яркие звезды еще в древности называли звездами первой *звездной величины*. Во II веке до нашей эры древнегреческий астроном [Гиппарх](#) составил каталог звезд, видимых невооруженным глазом. Он предложил разделить все видимые звезды на шесть классов. Самые яркие из них Гиппарх назвал звездами первой звездной величины, самые слабые звезды — звездами шестой звездной величины.



Гиппарх

**Невооруженным глазом на небе можно наблюдать менее 6 000 звезд (вплоть до шестой звездной величины), с помощью телескопов – миллиарды миллиардов. В астрономии вместо выражения «освещенность от звезд» используют понятие блеск.**



**Млечный Путь в районе Южного Креста**

Даже невооруженным глазом видно, что окружающий нас мир чрезвычайно разнообразен. Звезды различаются между собой цветом, блеском. А исследования с помощью телескопов показывают, что двух одинаковых звезд не бывает. Эффективные температуры их находятся в пределах от 3 000 К до 50 000 К, массы различаются в сотни раз, а радиусы – в миллиарды...



$I_1$  – блеск первой звезды,  $m$  – её зв. величина

$I_2$  – блеск второй звезды,  $m$  – её зв. величина

Яркие звёзды – звёзды первой величины (1  $m$  )

Едва различимые – звёзды шестой величины (6  $m$ )

Их блеск отличается в 100 раз т.е.  $X = 100^5$

$X$  – различие в блеске в одну зв. величину      Тогда получаем:

$5 \lg x = \lg 100$ , откуда  $5 \lg x = 2$ , или  $\lg x = 0,4$ .  
Тогда  $x = 2,512$

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$$

# Светимость звёзд

**Светимостью** называется полная энергия, излучаемая звездой в единицу времени.

Видимая звёздная величина, которую имела бы звезда, если бы находилась от нас на расстоянии  $D_0 = 10$  пк, получила название **абсолютной звёздной величины  $M$** .

$$M = m + 5 - 5 \lg D$$

$$I : I_0 = D_0^2 : D^2.$$

$$M = m + 5 + \lg p$$

$$2,512^{M-m} = D_0^2 : D^2.$$

$$\lg L = 0,4(5 - M)$$

# Пример решения задачи

**№2:**

Задание: Во сколько раз Капелла ярче Денеба? Зв.  
Величины берём из таблицы ( см. учебник )

Решение:

Дано:

$$m_1 = +0,2^m$$

$$m_2 = +1,3^m$$

Найти:

$$\frac{I_1}{I_2} = ?$$

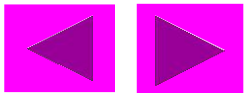
$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$$

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = (m_2 - m_1) \lg 2,512$$

а так как  $\lg 2,512 = 0,4$  то

$$\lg \frac{I_1}{I_2} = 0,4 \cdot 1,1 = 0,44; \quad \frac{I_1}{I_2} = 2,75.$$

Ответ:  $\frac{I_1}{I_2} = 2,75.$



# Спектральные классы звёзд

**Цвет звезды зависит от температуры, в зависимости от температуры и цвета все звезды разбили на 7 классов:**

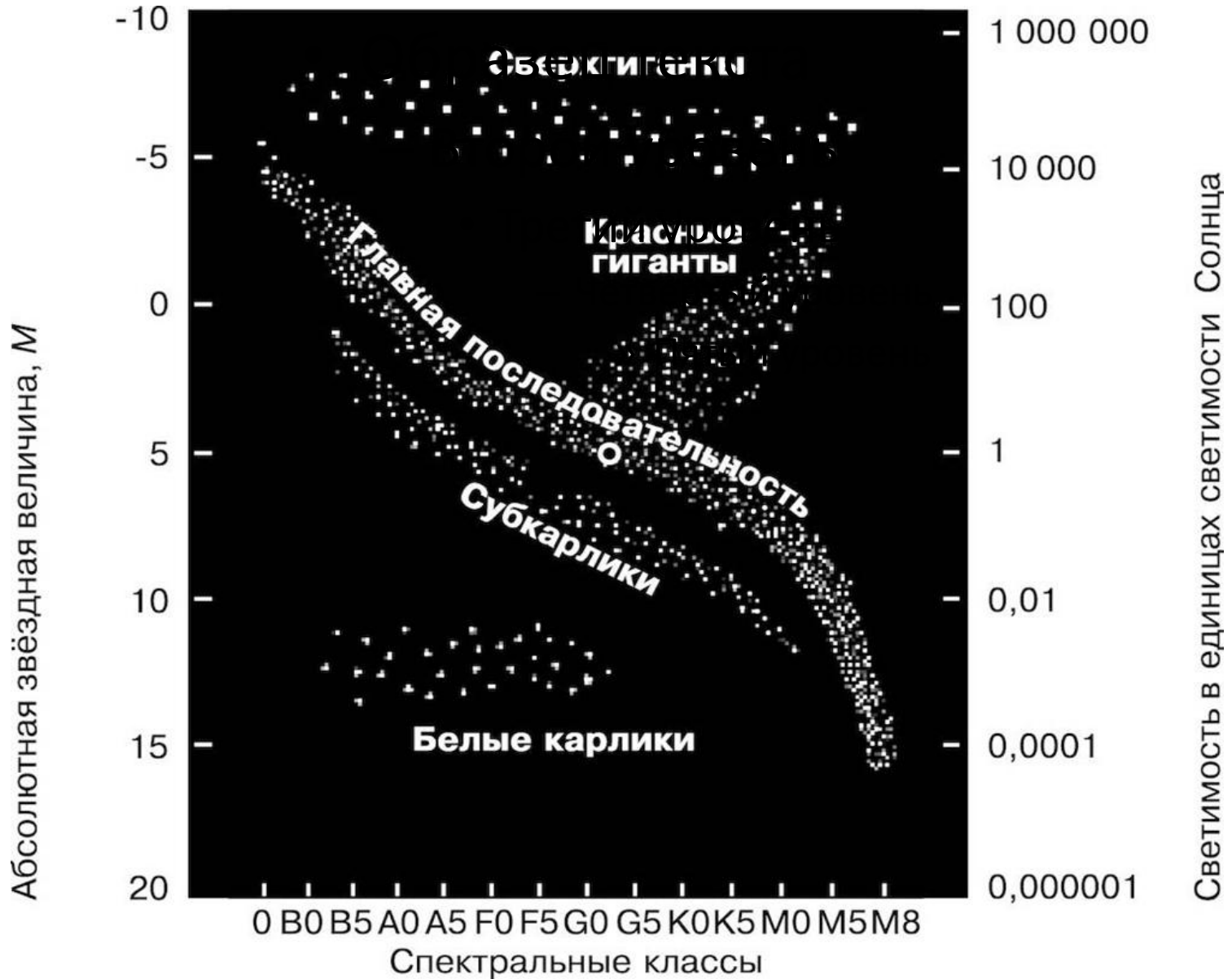
**О, В, А, F, G, К, М**

# V. Наиболее яркие звёзды, видимые на территории России

Звезда	Звёздная величина, $m$	Прямое восхождение		Склонение		Спектральный класс, $R$	Температура, $10^3$ К	Расстояние пк
		ч	мин	град	мин			
$\alpha$ Тельца	1,06	4	33,0	+16	25	K5	3,5	20,8
$\beta$ Ориона	0,34	5	12,1	-8	15	B8	12,8	330,0
$\alpha$ Возничего	0,21	5	13,0	+45	57	G0	5,2	13,7
$\alpha$ Ориона	0,92	5	52,5	+7	24	M0	3,1	200,0
$\alpha$ Б. Пса	-1,58	6	42,9	-16	39	A0	16,8	2,7
$\alpha$ Близнецов	1,99	7	31,4	+32	00	A0	10,4	13,0
$\alpha$ М. Пса	0,48	7	36,7	+5	21	F5	6,9	3,5
$\beta$ Близнецов	1,21	7	42,3	+28	09	K0	4,6	10,7
$\alpha$ Льва	1,34	10	05,7	+12	13	B8	13,2	25,6
$\alpha$ Девы	1,21	13	22,6	-10	54	B2	16,8	47,7
$\alpha$ Волопаса	0,24	14	13,4	+19	27	K0	4,1	11,1
$\alpha$ Скорпиона	1,22	16	26,3	-26	19	M0	3,1	52,5
$\alpha$ Лиры	0,14	18	35,2	+38	41	A0	10,6	8,1
$\alpha$ Орла	0,89	19	48,3	+8	44	A5	8,4	5,0
$\alpha$ Лебедя	1,33	20	39,7	+45	06	A2	9,8	290,0



# Диаграмма «спектр — СВЕТИМОСТЬ»



# Диаграмма «спектр — СВЕТИМОСТЬ»

