

# Астрономическая Единица



**Астрономическая единица**— исторически сложившаяся единица измерения расстояний в астрономии, приблизительно равная среднему расстоянию от Земли до Солнца.

***В одной астрономической единице***

***149597870 км!***



Что же такое световой год?

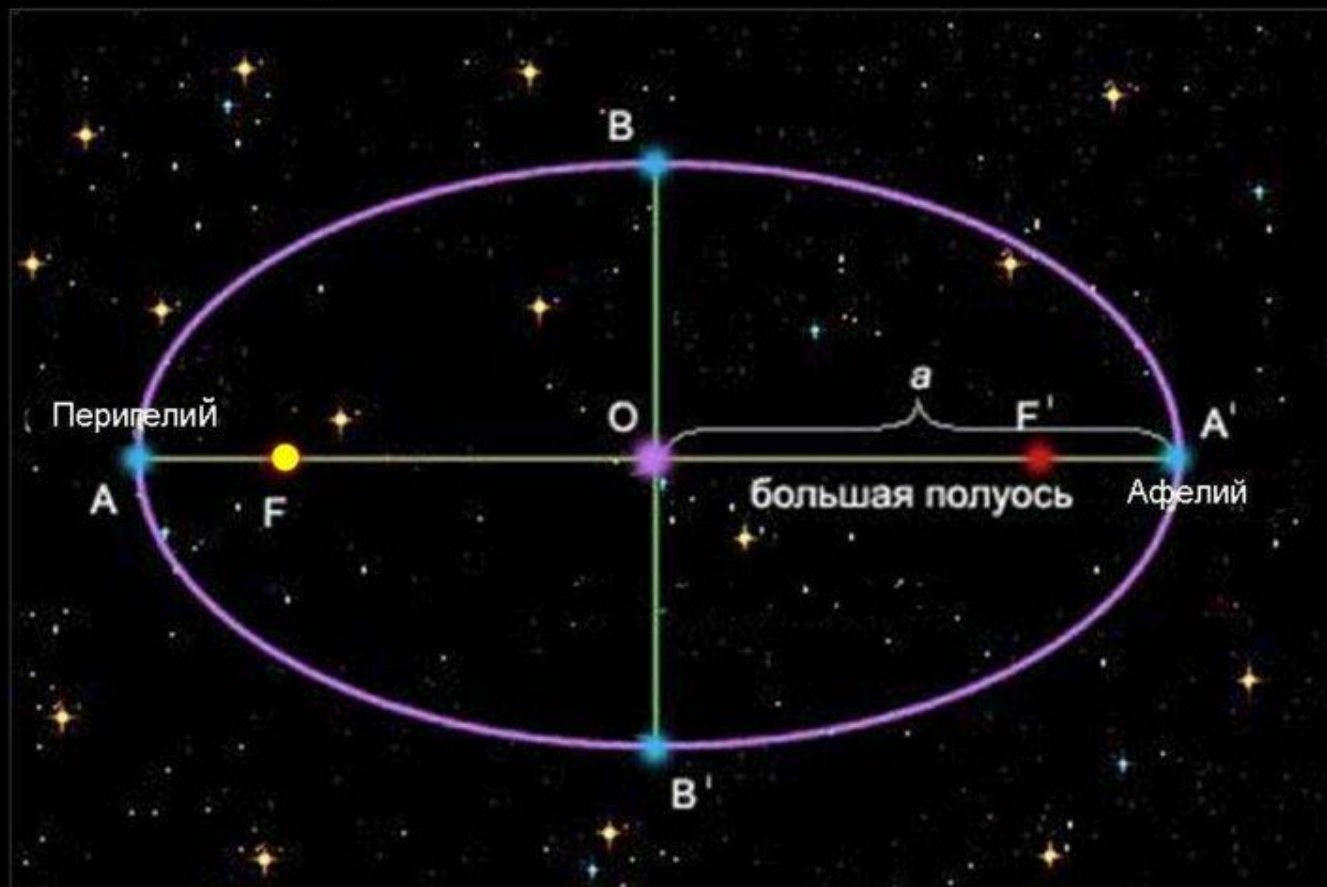
**Световой год** - это не мера времени,

а мера расстояния:

расстояние, которое свет пройдет за 1 год.

# АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА

Внутри Солнечной системы для измерения расстояний часто используют астрономическую единицу. Одна астрономическая единица равна длине большой полуоси орбиты Земли. Это примерно 150 000 000 километров.



*астрономическая  
единица*



**149 600 000 км**



# Космические единицы

- **Астрономическая единица (а.е.)** – среднее расстояние от Земли до Солнца, равное  $1,5 \times 10^{11}$  м.
- **Световой год** – расстояние, которое проходит свет в течение одного года, а именно  $9,46 \times 10^{15}$  м.
- **Парсек (параллакс-секунда)** – расстояние, на котором годичный параллакс земной орбиты (т.е. угол, под которым видна большая полуось земной орбиты, расположенная перпендикулярно лучу зрения) равен одной секунде.
- *Это расстояние равно  $206265$  а.е. =  $3,08 \times 10^{16}$  м =  $3,26$  св. г.*

# Расстояния в астрономии

- **1 астрономическая единица**  
= 150 млн км = 8,3 световых минуты  
— расстояние от Земли до Солнца
- **1 световой год**  
= 10 000 млрд км  
— расстояние, которое свет проходит за год
- **1 парсек** = 3 световых года

*Ближайшая к Солнцу звезда – Проксима  
Центавра – на расстоянии 4,3 св. года*



# **Необходимые астрономические единицы**

---

- $1 \text{ пс} = 206265 \text{ а.е.}$  (1 парсек)
- $1 \text{ с.г.} = 63240 \text{ а.е.}$  (1 световой год)
- $1 \text{ а.е.} = 149\,600\,000 \text{ км}$  (1 астрономическая единица)
- $1 \text{ с.г.} = 9\,460\,000\,000\,000 \text{ км}$
- $1 \text{ пс} = 3,26 \text{ с.г.} = 30\,860\,000\,000\,000 \text{ км}$
- $d_{\text{H}_2\text{O}} = 0,000\,000\,000\,3 \text{ м}$  (диаметр молекулы воды)
- $m_{\text{л}} = 73\,400\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ т}$  (масса Луны)

# Кульминация светил



**Кульминацией** называется явление прохождения светилом небесного меридиана, т.е. через небесный меридиан, при суточном вращении дважды.

**Верхняя кульминация светила** - это местонахождение светила при суточном движении в наивысшей точке над горизонтом, ближайшей к зениту.



**Нижняя кульминация светила** - это местонахождение светила наиболее удалённое от точки зенита, чем точка верхней кульминации, и нижняя кульминация происходит через половину суток после верхней кульминации.

# Кульминации

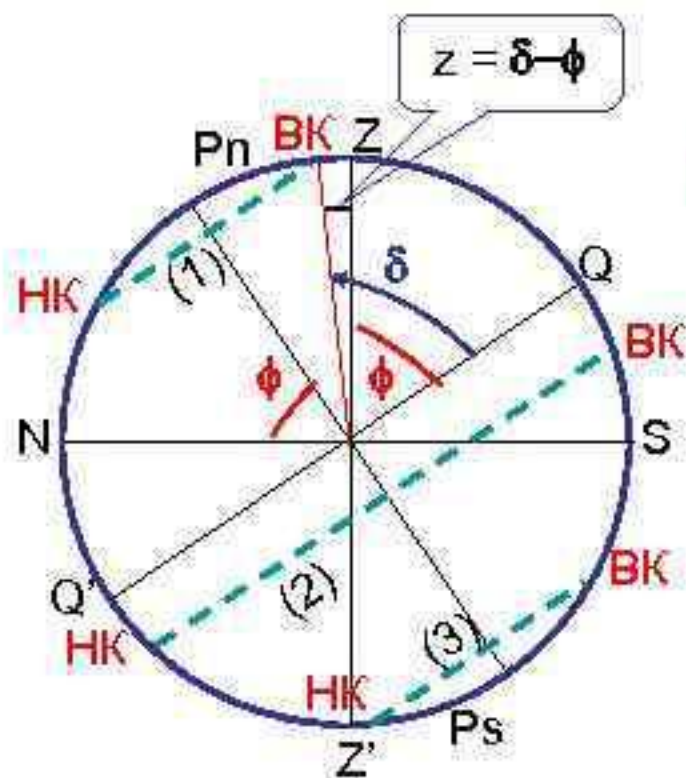
Рабочие формулы:

$$t_{\text{ВК}} = 0^{\text{h}}, \quad t_{\text{НК}} = 12^{\text{h}},$$

$$s = \alpha + t,$$

$$s_{\text{ВК}} = \alpha,$$

$$s_{\text{НК}} = \alpha \pm 12^{\text{h}}$$



**Верхняя кульминация:**

а) светило кульминирует к северу от зенита (случай 1),  $\delta > \phi$ ,

$$z = \delta - \phi, \quad A = 180^{\circ}$$

б) светило кульминирует к югу от зенита (случай 2,3),  $\delta \leq \phi$ ,

$$z = \phi - \delta, \quad A = 0^{\circ}$$

**Нижняя кульминация:**

а) светило кульминирует к северу от надира (случай 1,2),  $\delta > -\phi$ ,

$$z = 180^{\circ} - (\phi + \delta), \quad A = 180^{\circ}$$

б) светило кульминирует к югу от надира (случай 3),  $\delta \leq -\phi$ ,

$$z = 180^{\circ} + (\phi + \delta), \quad A = 0^{\circ}$$

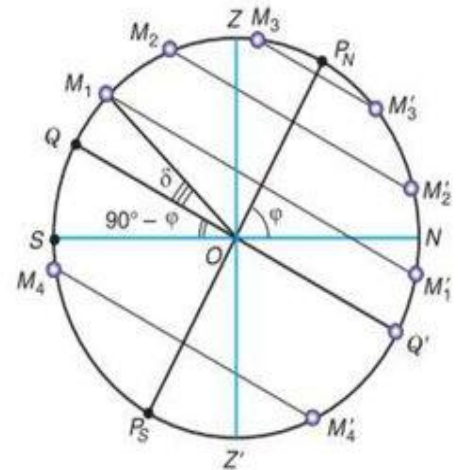


# 1. Кульминация светил

Формула для определения высоты звезды в ее верхней кульминации:  $h_B = (90^\circ - \varphi) + \delta$ .

Формула высоты звезды в нижней кульминации:  $h_H = \delta - (90^\circ - \varphi)$ .

Если обе кульминации незаходящей звезды находятся по одну сторону от зенита, то ее верхняя кульминация определяется из соотношения:  $h_B = 90^\circ + \varphi - \delta$ .



## Как измеряют расстояния в Космосе

**Парсек** — расстояние, с которого средний радиус земной орбиты (равный 1 а. е.), перпендикулярный лучу зрения, виден под углом в одну угловую секунду (1")

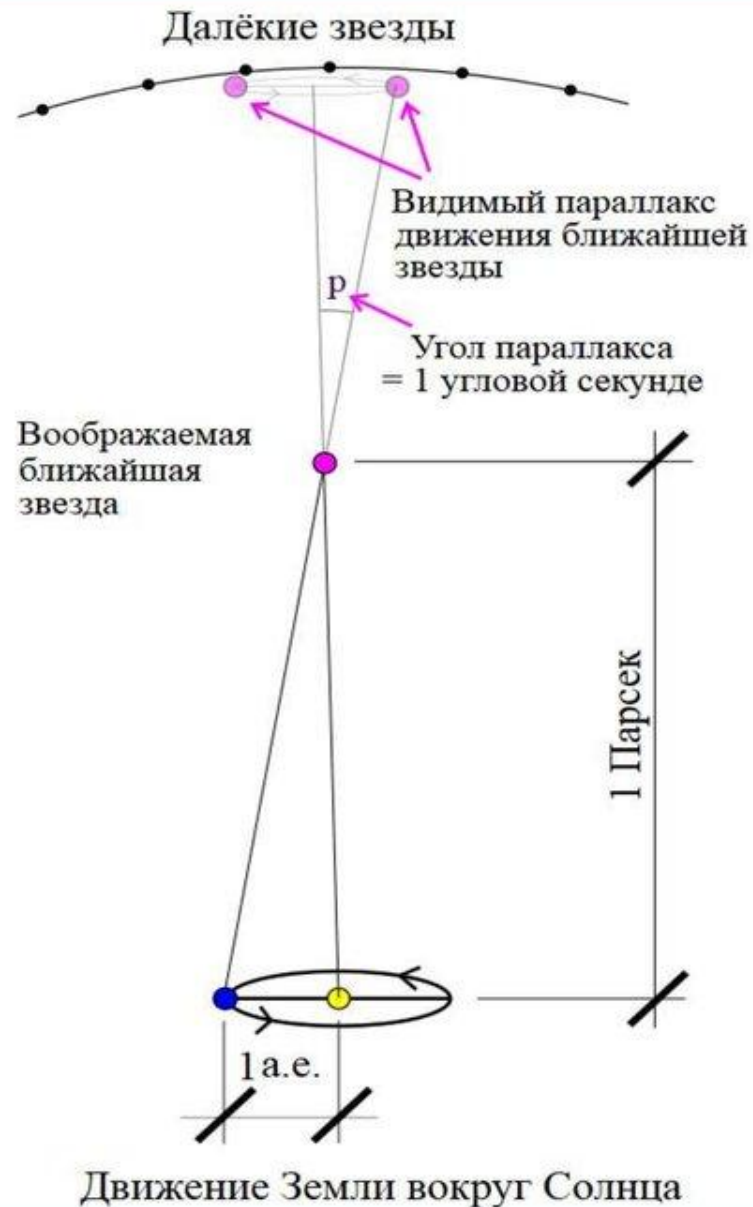
$$1 \text{ пк} = \frac{360 \cdot 60 \cdot 60}{2\pi} \text{ а. е.} \approx$$

$$\approx 206\,264,8 \text{ а. е.} =$$

$$= 3,0856776 \cdot 10^{16} \text{ м} =$$

$$= 30,8568 \text{ трлн. км (петаметров)} =$$

$$= 3,2616 \text{ светового года.}$$



# Задачи

2 Сколько раз за время своего существования Солнце успело обернуться вокруг центра Галактики?

*Дано:*

$$T = 5 \cdot 10^9 \text{ лет}$$

$$T_c = 2,5 \cdot 10^8 \text{ лет}$$

*Решение:*

$$n = \frac{T}{T_c}$$

$$n = \frac{5 \cdot 10^9 \text{ лет}}{2,5 \cdot 10^8 \text{ лет}} = 20$$

---

$n = ?$

**Ответ. 20 раз**

# Задачи

1. Определите массу Сатурна (в массах Земли), если известно, что спутник Сатурна Титан отстоит от него на расстоянии 1220 тыс. км и обращается с периодом 16 суток.

**Дано:**

$$a = 1220 \cdot 10^3 \text{ км}$$

$$T = 16 \text{ суток}$$

$$a_{\text{л}} = 384 \cdot 10^3 \text{ км}$$

$$T_{\text{л}} = 27,3 \text{ суток}$$

$$M_{\text{з}} = 1$$

**Решение:**

$$\frac{T^2(M_{\text{с}} + m_{\text{т}})}{T_{\text{л}}^2(M_{\text{з}} + m_{\text{л}})} = \frac{a^3}{a_{\text{л}}^3} \quad \frac{M_{\text{с}}}{M_{\text{з}}} = \frac{T_{\text{л}}^2}{T^2} \cdot \frac{a^3}{a_{\text{л}}^3}$$

$$M_{\text{с}} = \frac{T_{\text{л}}^2}{T^2} \cdot \frac{a^3}{a_{\text{л}}^3} \cdot M_{\text{з}}$$

$$M_{\text{с}} = \left( \frac{27,3 \text{ суток}}{16 \text{ суток}} \right)^2 \cdot \left( \frac{1220 \cdot 10^3 \text{ км}}{384 \cdot 10^3 \text{ км}} \right)^3 \cdot 1 = 93,4 M_{\text{з}}$$

$M_{\text{с}} = ?$

Ответ:  $M_{\text{с}} = 93,4 M_{\text{з}}$

# Задачи

1. Море Москвы, расположенное на невидимой стороне Луны, имеет поперечник около 300км. Можно ли было бы увидеть его с Земли невооруженным глазом, если бы оно находилось на обращенном к Земле полушарии. Разрешающая способность глаза 1'.

*Дано:*

$$D=300 \text{ км}$$

$$\alpha=1'$$

$$S=3,84 \cdot 10^5 \text{ км}$$

---

$$d - ?$$

*Решение:*

Минимальный размер объекта, видимого глазом определим по формуле:

$$d = S \cdot \sin \alpha$$

$$d = 3,84 \cdot 10^5 \text{ км} \cdot \sin 1' \approx 112 \text{ км}$$

Так как размеры моря Москвы превышают полученный результат, то его можно было бы увидеть невооруженным глазом.

Ответ: да

# Задачи

1. В местный полдень путешественник отметил 14 ч 13 мин по гринвичскому времени. Определите географическую долготу места наблюдения.

*Дано:*

$$T_{\lambda} = 12 \text{ ч}$$

$$T_0 = 14 \text{ ч } 13 \text{ мин}$$

$\lambda = ?$

*Решение:*

$$T_{\lambda} = T_0 + \lambda$$

$$\lambda = T_{\lambda} - T_0$$

$$\lambda = 12 \text{ ч} - 14 \text{ ч } 13 \text{ мин} = 2 \text{ ч } 13 \text{ мин з.д.}$$

**Ответ.** 2 ч 13 мин з.д.

# Задачи

1. Представьте, что на радиосигнал, принятый от цивилизации из галактики М 106, нами в адрес этой цивилизации отправлена ответная радиограмма. Сколько времени пришлось бы ждать ответа на нее, если расстояние до галактики М 106 составляет 10 Мпк?

*Дано:*

$$r = 10 \text{ Мпк}$$

$t = ?$

*Решение:*

$$t = \frac{2r}{c}$$

$$t = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 3 \cdot 10^{13} \text{ км}}{3 \cdot 10^5 \text{ км/с}} = 2 \cdot 10^{15} \text{ с} = 6,5 \cdot 10^7 \text{ лет}$$

Ответ. 65 млн. лет

## Задачи

1. У двойной звезды  $\alpha$ -Центавра период обращения составляет 79 лет. Большая полуось орбиты  $17,6''$ , а годичный параллакс  $0,75''$ . Определите сумму масс и массы компонентов звезды в отдельности, если они отстоят от центра масс на расстояниях, относящихся как 3:4.

Дано:

$$T=79 \text{ лет}$$

$$a=17,6''$$

$$\pi=0,75''$$

$$d_1:d_2=3:4$$

Решение:

$$M_1 + M_2 = \frac{1}{T^2} \cdot \left( \frac{a''}{\pi''} \right)^3 \quad \frac{d_1}{d_2} = \frac{M_2}{M_1} \quad \frac{M_2}{M_1} = \frac{3}{4}$$

$$M_1 + M_2 = \frac{1}{(79 \text{ лет})^2} \cdot \left( \frac{17,6''}{0,75''} \right)^3 = 2,1 M_{\odot}$$

$$E_k - ?$$

$$\begin{cases} M_2 = 0,75 M_1 \\ M_1 + M_2 = 2,1 M_{\odot} \end{cases} \quad \begin{cases} M_1 = 1,2 M_{\odot} \\ M_2 = 0,9 M_{\odot} \end{cases}$$

Ответ:  $M_1 = 1,2 M_{\odot}$   
 $M_2 = 0,9 M_{\odot}$





# Задачи

1. Какие увеличения можно получить с помощью школьного телескопа, в котором установлен объектив с фокусным расстоянием 800 мм и имеются сменные окуляры с фокусными расстояниями 28, 10, 20 мм?

**Дано:**

$$F_{\text{об}} = 800 \text{ мм}$$

$$F_{\text{ок1}} = 28 \text{ мм}$$

$$F_{\text{ок2}} = 20 \text{ мм}$$

$$F_{\text{ок3}} = 10 \text{ мм}$$

---

$G - ?$

**Решение:**

$$G = \frac{F_{\text{об}}}{F_{\text{ок}}}$$

$$G_1 = \frac{800 \text{ мм}}{28 \text{ мм}} = 28,6$$

$$G_2 = \frac{800 \text{ мм}}{20 \text{ мм}} = 40$$

$$G_3 = \frac{800 \text{ мм}}{10 \text{ мм}} = 80$$

Ответ: 28,6; 40; 80

# Задачи

2. Какое время (по счету на Земле) отец должен пробыть в космическом полете со скоростью  $0,9c$ , чтобы после возвращения на Землю сравняться по возрасту со своим сыном? Возраст отца при отправке в полет принять равным 25 годам, сына – 1 году.

**Дано:**

$$v=0,9c$$

$$t_c=1 \text{ год}$$

$$t_o=25 \text{ лет}$$

---

$$t_3 = ?$$

**Решение:**

$$t_c + t_3 = t_o + t_3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad t_3 = \frac{t_o - t_c}{1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$t_3 = \frac{25 \text{ лет} - 1 \text{ год}}{1 - \sqrt{1 - \frac{(0,9c)^2}{c^2}}} = 42,5 \text{ года}$$

**Ответ. 42,5 года**

# Задачи

1. Каков синодический период Марса, если его звездный период равен 1,88 земного года?

*Дано:*

$T = 1,88$  года

$T_0 = 1$  год

---

$S = ?$

*Решение:*

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}$$

$$S = \frac{T_0 T}{T - T_0}$$

$$S = \frac{1 \text{ год} \cdot 1,88 \text{ года}}{1,88 \text{ года} - 1 \text{ год}} = 2,136 \text{ года}$$

Ответ: 2,136 года

# Задачи

2. Определите среднее расстояние от Юпитера до Солнца, если известно, что его звездный период обращения вокруг Солнца равен 11,86 года.

*Дано :*

$$T = 11,86 \text{ года}$$

$$T_3 = 1 \text{ год}$$

$$a_3 = 1 \text{ а.е.}$$

$a - ?$

*Решение:*

$$\frac{T^2}{T_3^2} = \frac{a^3}{a_3^3}$$

$$a = a_3 \sqrt[3]{\frac{T^2}{T_3^2}}$$

$$a = 1 \text{ а.е.} \sqrt[3]{\frac{(11,86 \text{ года})^2}{(1 \text{ год})^2}} = 5,2 \text{ а.е.}$$

Ответ. 5,2 а.е.

# Задачи

2. Определите массу Солнца, если Земля обращается вокруг Солнца на расстоянии 1 а.е. с периодом 1 год. Орбиту Земли считать круговой.

Дано :

$$T_3 = 1 \text{ год} = \\ = 3,156 \cdot 10^7 \text{ с}$$

$$a_3 = 1 \text{ а.е.} = \\ = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$$

$M_c = ?$

Решение:

Сила всемирного тяготения является центростремительной

$$\frac{m g^2}{a_3} = G \frac{M_c m}{a_3^2}$$

$$\frac{g^2}{a_3} = G \frac{M_c}{a_3^2}$$

$$M_c = \frac{g^2 a_3}{G}$$

$$g = \frac{2\pi a_3}{T}$$

$$M_c = \frac{4\pi^2 a_3^3}{GT^2}$$

$$M_c = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot (1,496 \cdot 10^{11} \text{ м})^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \cdot (3,156 \cdot 10^7 \text{ с})^2} = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

Ответ.  $2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$