

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР
возрастная группа (**10 класс**)

Максимальная оценка – 48 балла.

ЗАДАНИЕ 1.

На рисунке (*Приложение 1*) представлен снимок звездного неба, сделанный перед восходом Солнца 7 декабря 2023 г. во Владимире. На снимке отмечены астеризмы.

Найдите астеризмы созвездий:

- | | |
|---------------|--------------|
| 1) Кассиопея; | 4) Близнецы; |
| 2) Цефей; | 5) Волопас. |
| 3) Лебедь; | |

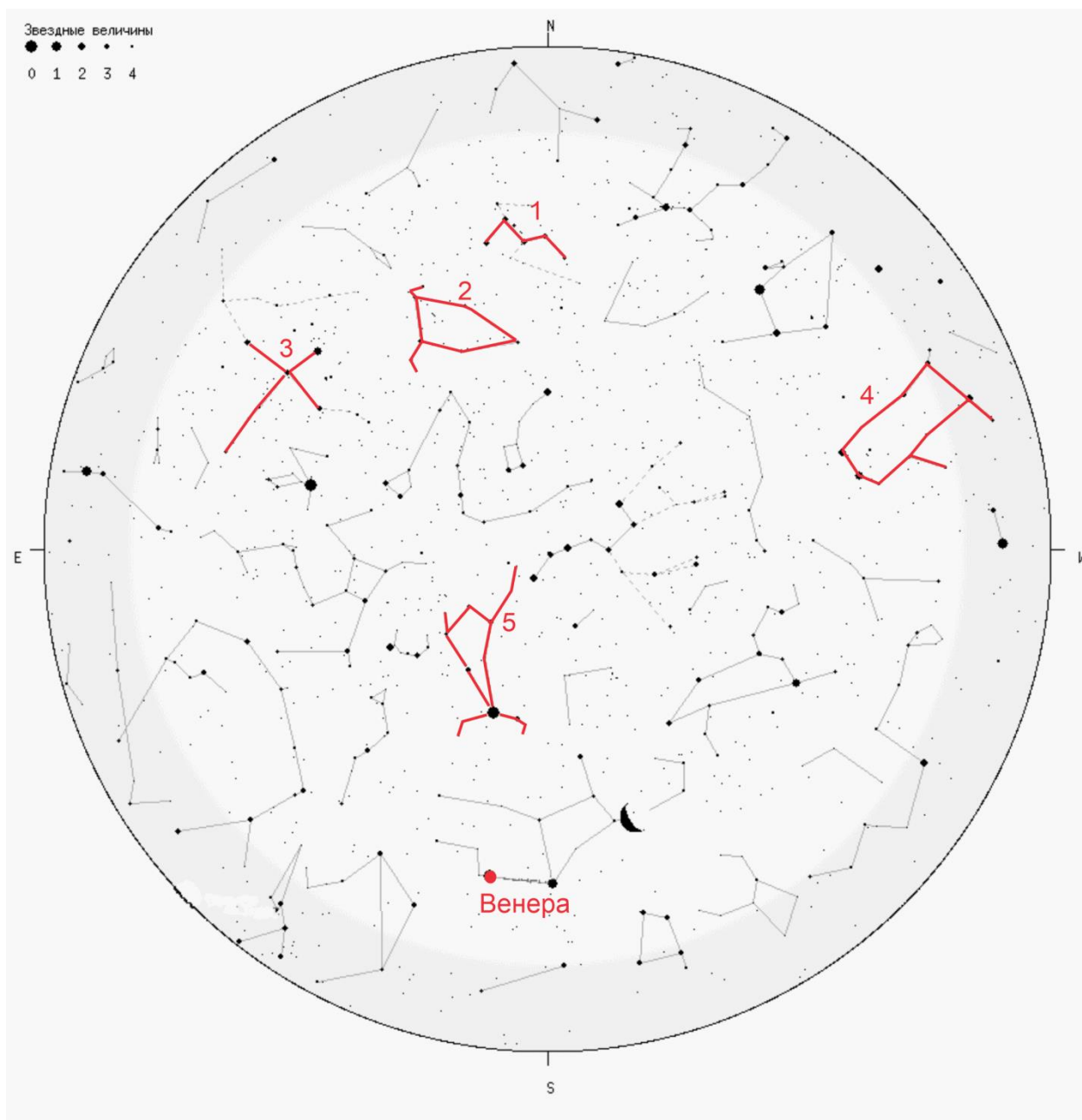
Обведите астеризмы на рисунке и подпишите соответствующие цифры созвездий на рисунке. Какая планета видна на небе? Ответ обоснуйте. Отметьте ее на рисунке. Как называется созвездие, в котором она находится?

Приложение 1 сдается вместе с решениями.

Максимальный балл – 8

Решение.

Решение представлено на рисунке ниже. На небе наблюдается Венера («утренняя звезда») в созвездии Девы. Поскольку Венера ближе к Солнцу, чем Земля, она никогда не удаляется от Солнца более чем на $47,8^\circ$. Поэтому планета видна незадолго до восхода в восточной части небосклона или через некоторое время после захода Солнца в западной.



Критерии оценивания

За каждый верно отмеченный и подписанный астеризм по 1 баллу.	5 баллов
Обоснованно названа верная планета	1 балл
Ответ без обоснования оценивается в 0 баллов	
Планета верно отмечена	1 балл
Дано название созвездия, в котором находится Венера	1 балл
Всего	8 баллов

ЗАДАНИЕ 2.

Юный астроном из Владимира ($56^{\circ}08'$ с. ш.), наблюдая Альдебаран в созвездии Тельца ($\delta = 16^{\circ}31'$, $\alpha = 04^h36^m$), заметил, что в момент, когда звезда находилась в кульминации, другая, неизвестная звезда, так же находилась в кульминации. В дневник наблюдений, он внес данные о высотах звезд в этот момент, и оказалось, что сумма высот составила 95° . Определите склонение второй звезды.

Максимальный балл – 8

Решение.

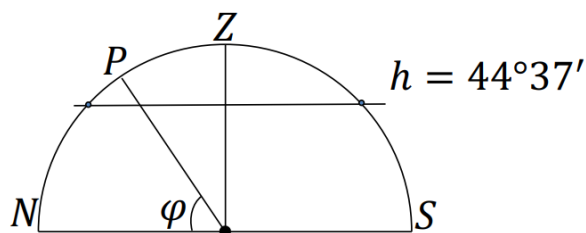
Не указано, о какой кульминации звезды Альдебаран идет речь, проверим высоту и в верхней и в нижней кульминациях

$$h_{в1} = 90^{\circ} - |\varphi - \delta| = 90^{\circ} - |56^{\circ}08' - 16^{\circ}31'| = 90^{\circ} - 39^{\circ}37' = 50^{\circ}23',$$

$$h_{н1} = \varphi + \delta - 90^{\circ} = 56^{\circ}08' + 16^{\circ}31' - 90^{\circ} = 72^{\circ}39' - 90^{\circ} = -17^{\circ}21'.$$

Нижняя кульминация звезды происходит под горизонтом, значит, астроном мог наблюдать во Владимире только верхнюю кульминацию звезды Альдебаран.

Сумма высот звезд составила 100° , значит высота в кульминации второй звезды $h = 95^{\circ} - 50^{\circ}23' = 44^{\circ}37'$. Из рисунка видно, что для второй звезды можно наблюдать как верхнюю кульминацию, причем к югу от зенита, так и нижнюю кульминацию.



Тогда для второй звезды

$$h_{в2} = 90^{\circ} - \varphi + \delta_2,$$

$$\delta_2 = h_{в2} + \varphi - 90^{\circ} = 44^{\circ}37' + 56^{\circ}08' - 90^{\circ} = 10^{\circ}45'.$$

Или

$$h_{н2} = \varphi + \delta_2 - 90^{\circ},$$

$$\delta_2 = h_{н2} + 90^{\circ} - \varphi = 44^{\circ}37' + 90^{\circ} - 56^{\circ}08' = 78^{\circ}29'.$$

Ответ. Склонение звезды $10^{\circ}45'$ или $78^{\circ}29'$.

Критерии оценивания

Указано, что в задаче не говорится, о том, какая кульминация рассматривается для Альдебарана	1 балл
Выполнен расчет высот для звезды Альдебаран для нижней и верхней кульминации	1 балл
Указано, что нижняя кульминация звезды Альдебаран во Владимире не наблюдается	1 балл
Рассчитана высота в кульминации для второй звезды	1 балл
Обоснованно указано, что полученная высота для второй звезды, может быть как в нижней кульминации, так и в верхней к югу от зенита.	2 балла
Верно получены два варианта склонения для второй звезды (по 1 баллу за каждый вариант).	2 балла
Всего	8 баллов

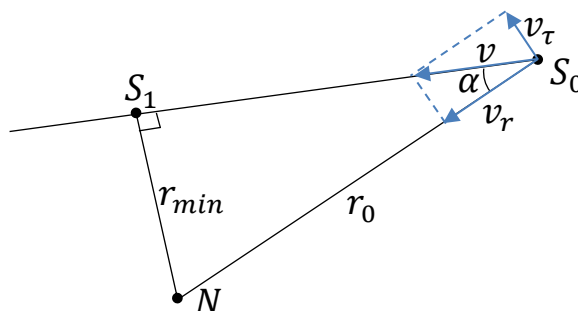
ЗАДАНИЕ 3.

Звезда Барнарда в созвездии Змееносца обладает самой большой среди известных звезд скоростью перемещения по небесной сфере. Известно, что её годичный параллакс $0,547''$, собственное движение составляет $10,35''$ в год и лучевая скорость $-106,6 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Во сколько раз ближе к нам может оказаться звезда Барнарда?

Максимальный балл – 8

Решение.

Пусть S_0 первоначальное положение звезды на расстоянии r_0 от наблюдателя N , тогда S_1 – положение на минимальном расстоянии $r_{\min}$ от наблюдателя N (см. рисунок).



$$v_{\tau} = 4,74 \frac{\mu}{\pi} = 4,74 \cdot \frac{10,35}{0,547} = 89,69 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

$$v = \sqrt{v_{\tau}^2 + v_r^2} = 139,3 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

$$\sin \alpha = \frac{v_{\tau}}{v} = \frac{89,69}{139,3} = 0,643.$$

$$\frac{r_0}{r_{\min}} = \frac{1}{\sin \alpha} = 1,6.$$

Ответ. Звезда Барнарда может приблизиться к нам в 1,6 раза.

Критерии оценивания

Определена трансверсальная скорость звезды	2 балл
Определена полная скорость звезды	2 балл
Определено положение звезды на минимальном расстоянии	2 балла
Определено минимальное расстояние, на которое может приблизиться звезда	2 балла
Всего	8 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

Каким было время восхода и захода Солнца 23 сентября 2023 года во Владимире ($\lambda = 40,5^\circ$; $\varphi = 56^\circ$) по гражданскому времени.

Максимальный балл – 8

Решение.

23 сентября – день осеннего равноденствия, для Солнца $\delta = 0$. Солнце восходит строго в точке востока за 6 часов до верхней кульминации и заходит в точке запада через 6 часов после верхней кульминации, т.е.

$$t_{\text{восхода}} = t_{\text{ВК}} - 6^{\text{ч}}, \quad t_{\text{захода}} = t_{\text{ВК}} + 6^{\text{ч}}.$$

Верхняя кульминация на нулевом меридиане наступает в 12 часов по всемирному времени. Владимир живет по московскому времени $n = +3$, т.е. в момент верхней кульминации Солнца на нулевом Меридиане во Владимире будет $(12+3)$ часов=15 часов. Но в этот момент во Владимире не будет верхней кульминации Солнца, т.к. долгота Владимира $\Delta\lambda = 40,5^\circ$ или

$\frac{40,5^\circ}{15^\circ} = 2,7^{\text{ч}}$, Т.е. когда Солнце кульминирует во Владимире там на 2,7 часа меньше по московскому времени, чем в момент верхней кульминации на нулевом меридиане. Т.е. полдень во Владимире будет в $15^{\text{ч}} - 2,7^{\text{ч}} = 12,3^{\text{ч}}$, т.о. $t_{\text{БК}} = 12^{\text{ч}}18^{\text{мин}}$.

Тогда

$$t_{\text{восхода}} = 12^{\text{ч}}18^{\text{мин}} - 6^{\text{ч}} = 6^{\text{ч}}18^{\text{мин}}, \quad t_{\text{захода}} = 12^{\text{ч}}18^{\text{мин}} + 6^{\text{ч}} = 18^{\text{ч}}18^{\text{мин}}.$$

Критерии оценивания

Указано, что 23.09.23 день осеннего равноденствия	1 балл
Указано, что восход наступает в день весеннего равноденствия за 6 часов до верхней кульминации, а заход через 6 часов после нее	2 балла
Указано, что полдень (верхняя кульминация Солнца) наступает на нулевом меридиане в 12 часов.	1 балл
Определено московское время в момент верхней кульминации на нулевом меридиане.	1 балл
Определена разница долгот в часах	1 балл
Определено время восхода и захода Солнца во Владимире	2 балла
Всего	8 баллов

ЗАДАНИЕ 5.

Первый Искусственный спутник Луны — советская автоматическая станция «Луна-10», запущенная 31 марта 1966. Его период обращения вокруг Луны составлял 3 часа, радиус орбиты 2421,5 км. По движению спутника оцените массу Луны в массах Земли.

Максимальный балл – 8

Решение.

Запишем третий обобщенный закона Кеплера $\frac{T^2(m+M)}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G}$ для движения спутника вокруг Луны (пренебрегая массой спутника) и для движения Луны вокруг Земли (пренебрегая массой Луны), приравняем

$$\frac{T_c^2 M_{\text{л}}}{a_c^3} = \frac{T_{\text{л}}^2 M_{\text{з}}}{a_{\text{л}}^3},$$

отсюда

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

Из справочных данных $a_{\text{л}} = 384400$ км, $T_{\text{л}} = 27,321662$ сут ≈ 656 ч.

$$M_{\text{л}} = \frac{(656 \text{ ч})^2 (2421,5 \text{ км})^3}{(3 \text{ ч})^2 (384400 \text{ км})^3} \cdot M_{\text{з}} = 0,012 \cdot M_{\text{з}}.$$

Ответ. $M_{\text{л}} = 0,012 \cdot M_{\text{з}}$

Критерии оценивания

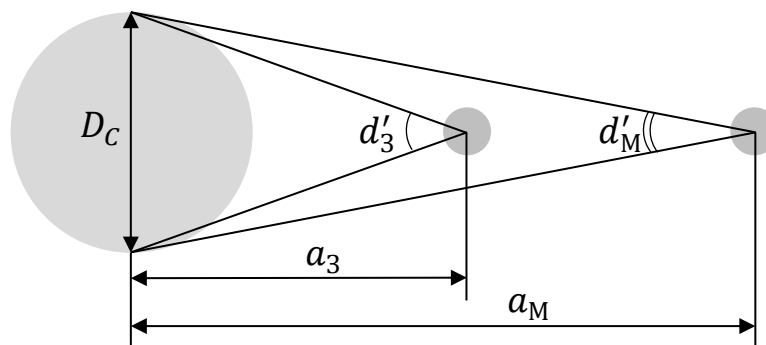
Записан III обобщенный закон Кеплера	2 балл
Применение III обобщенный закона Кеплера для движения спутника вокруг Луны, и Луны вокруг Земли (по 2 балла за каждый случай)	4 балла
Определение массы Луны в массах Земли	2 балл
Всего	8 баллов

ЗАДАНИЕ 6.

Какими будут средний угловой диаметр Солнца и его видимая звездная величина при наблюдении с Марса. Считать, что для наблюдателя на Земле средний угловой диаметр Солнца составляет $32'$.

Максимальный балл – 8

Решение.



1) Из рисунка, имеем

$$D_{\text{с}} = d'_{\text{М}} a_{\text{М}} = d'_3 a_3, \quad d'_{\text{М}} = d'_3 \frac{a_3}{a_{\text{М}}} = 32' \cdot \frac{1 \text{ а. е.}}{1,5 \text{ а. е.}} = 21',$$

где D_C – диаметр Солнца, d'_M - угловой диаметр Солнца, для наблюдателя на Марсе, d'_3 - на Земле, a_M – расстояние от Солнца до Марса, a_3 – до Земли.

2) Пусть E_3 – освещенность создаваемая Солнцем на для наблюдателя на Земле, а E_M – на Марсе, тогда

$$\frac{E_3}{E_M} = \frac{a_M^2}{a_3^2},$$

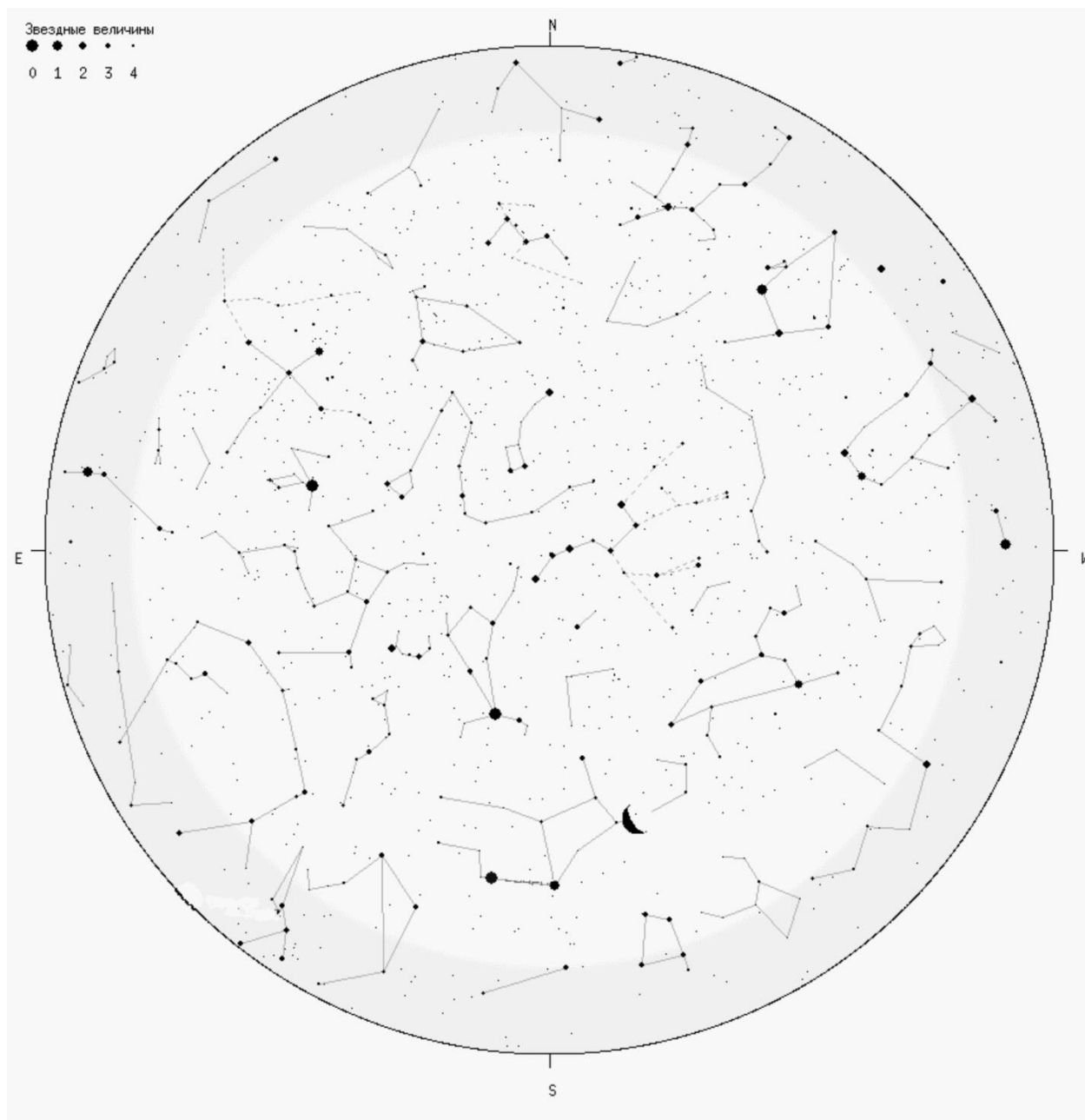
и по формуле Погсона $\lg \frac{E_3}{E_M} = 0,4(m_M - m_3)$, где m_3 – видимая звездная величина Солнца для наблюдателя на Земле, m_M – на Марсе. Из справочных данных $m_3 = -26,8^m$. Откуда имеем

$$m_M = m_3 + 2,5 \cdot \lg \frac{a_M^2}{a_3^2} = m_3 + 5 \cdot \lg \left(\frac{a_M}{a_3} \right) = -26,8^m + 5 \cdot \lg \left(\frac{1,5}{1} \right) = -25,9^m.$$

Ответ. Для наблюдателя на Марсе угловой диаметр Солнца $21'$, видимая звездная величина $-25,9^m$.

Критерии оценивания

Установлена взаимосвязь между расстоянием от Солнца до планеты и угловым диаметром Солнца.	2 балл
Определен угловой диаметр Солнца для наблюдателя на Марсе	1 балл
Записана связь освещенностей и расстояний до планет	2 балла
Записана формула Погсона	2 балла
Определена видимая звездная величина Солнца для наблюдателя на Марсе.	1 балл
Всего	8 баллов



Справочные материалы

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Астрономическая единица $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км

Сидерический (звездный) период обращения 27.321662 суток

Синодический период обращения 29.530589 суток

Радиус Луны 1738 км

Характеристики орбит планет

Планета	Расстояние от Солнца	Масса	Радиус	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты
	а.е.	кг	км		градусы
Солнце		$1.989 \cdot 10^{30}$	697000	25.380 сут	7.25
Меркурий	0,4	$3.302 \cdot 10^{23}$	2439.7	58.646 сут	0.00
Венера	0,7	$4.869 \cdot 10^{24}$	6051.8	243.019 сут**	177.36
Земля	1,0	$5.974 \cdot 10^{24}$	6378.1	23.934 час	23.45
Марс	1,5	$6.419 \cdot 10^{23}$	3397.2	24.623 час	25.19
Юпитер	5,2	$1.899 \cdot 10^{27}$	71492	9.924 час	3.13
Сатурн	9,6	$5.685 \cdot 10^{26}$	60268	10.656 час	26.73
Уран	19,2	$8.683 \cdot 10^{25}$	25559	17.24 час	97.86
Нептун	30,0	$1.024 \cdot 10^{26}$	24746	16.11 час	28.31

Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса	Радиус	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Видимая звездная величина
	кг	км		градусы	
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	697000	25.380 сут	7.25	-26.8
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	2439.7	58.646 сут	0.00	-0.1
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	6051.8	243.019 сут	177.36	-4.4
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	6378.1	23.934 час	23.45	—
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	3397.2	24.623 час	25.19	-2.0
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	71492	9.924 час	3.13	-2.7
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	60268	10.656 час	26.73	0.4
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	25559	17.24 час	97.86	5.7
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	24746	16.11 час	28.31	7.8