

КРАСНАЯ ПЛАНЕТА

1. 13 октября 2020 года любители астрономии могли наблюдать противостояние Марса. Каково в этот день было взаимное расположение Марса, Земли и Солнца? Ответ проиллюстрируйте рисунком. (5 баллов)



2. В каких созвездиях находились в этот день Солнце и Марс? Что Вы знаете об этих созвездиях. Перечислите их самые яркие звёзды. (10 баллов)

Солнце в созвездии Дева (Vir).	Марс в созвездии Рыбы (Psc).
В Деве находится точка осеннего равноденствия и скопление галактик Девы.	Ярких звёзд нет.
Спика (α Vir), $m_1 = 0,98^m$.	η Psc, $m_1 = 3,62^m$.
Поррима (γ Vir), $m_2 = 2,73^m$.	Альриша (ϵ Vir), $m_2 = 3,82^m$.
Виндемиатрикс (ϵ Vir), $m_3 = 2,85^m$.	

3. Воспользовавшись подвижной картой звёздного неба, определите промежуток времени, в течение которого Марс был доступен для наблюдения 13 октября. (6 баллов)

Восход Марса: 17 ч 39 мин.	Восход Солнца: 07 ч 00 мин.	Время видимости Марса:
Заход Марса: 05 ч 00 мин.	Заход Солнца: 16 ч 50 мин.	С 17 ч 39 мин. по 05 ч 00 мин.

4. Какой в этот день была максимальная высота «Красной планеты» в небе над Могилёвом, если эклиптическая широта Марса была равна $-03^\circ 02' 19''$? (8 баллов)

Согласно ПКЗН, если бы Марс находился строго в плоскости эклиптики, его склонение было бы равно 9° .

Так, как эклиптическая широта Марса была равна $-03^\circ 02' 19''$, то склонение Марса $\delta = 06^\circ$.

$$h_B = 90^\circ - \varphi + \delta; \quad h_B = 42^\circ.$$

Другой вариант. Максимальная высота Марса может быть определена непосредственно с помощью ПКЗН.

5. Рассчитайте синодический и сидерический периоды обращения Марса и среднее гелиоцентрическое расстояние Марса, если известно, что противостояния Марса повторяются в среднем через 780 земных суток. Рассчитайте среднее гелиоцентрическое расстояние Марса согласно правилу Тициуса-Боде. (8 баллов)

Синодический период $S_M = 780 \text{ сут.} = 2,14 \text{ года}$.
 $1/S_M = 1/T_3 - 1/T_M$, следовательно сидерический период $T_M = 687 \text{ сут.} = 1,88 \text{ года}$.

Среднее гелиоцентрическое расстояние $a_M = (T_M^2)^{1/3}$, $a_M = 1,52 \text{ а.е.} = 2,28 \cdot 10^8 \text{ км}$.

По правилу Тициуса-Боде

$$a_M = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n, \quad a_M = 1,6 \text{ а.е.}$$

6. В какой квадратуре (западной или восточной) Марс окажется раньше? Когда, примерно, это произойдёт. При выполнении данного задания орбиты Земли и Марса можно считать круговыми. (10 баллов)

$$\beta_M = (2\pi/T_M)\Delta t, \quad \beta_M + \beta_3 = (2\pi/T_3)\Delta t,$$

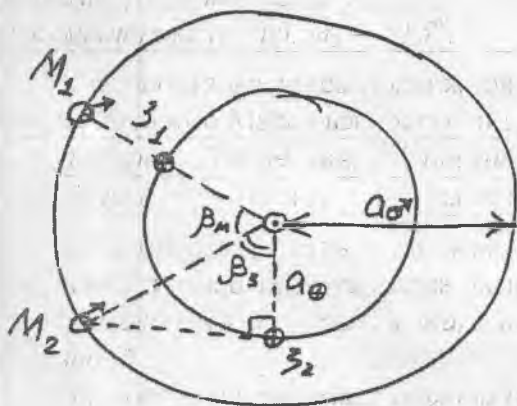
$$\beta_3 = 0,853 \text{ рад}; \quad \Delta t = 105,9 \text{ сут.}$$

$$a_3 = a_M \cdot \cos \beta_3.$$

Как видно на рисунке, раньше наступит восточная квадратура.

7. Как известно, Марс получил своё имя в честь древнеримского бога войны, соответствующего древнегреческому Аресу. Как называются спутники Марса? Каково происхождение названий этих спутников? (4 балла)

Фобос (страх) и Деймос (ужас).



этот день был равен $11,18''$. Чему в этот день был равен суточный параллакс Марса? Чему равен радиус Марса. (8 баллов)

$$p'' = (206265 \cdot R_3)/r, \quad p'' = 21,0''.$$

$$R_M = (r \cdot p'')/206265, \quad R_M = 3336 \text{ км.}$$

9. Средняя высота орбиты одного из спутников Марса над поверхностью планеты равна 6006 км, а период его обращения вокруг планеты равен 7 ч 39,2 мин. Каковы масса и плотность Марса? Каково ускорение свободного падения у его поверхности. (10 баллов)

$$GM_M m / (R_M + h)^2 = m \omega^2 (R_M + h); \quad M_M = 4 \cdot \pi (R_M + h)^3 / GT^2; \quad M_M = 6,46 \cdot 10^{23} \text{ кг.}$$

$$\rho = (3 \cdot M_M) / (4 \cdot \pi \cdot R^3); \quad \rho = 3961 \text{ кг/м}^3;$$

$$g = (G \cdot M_M) / R^2; \quad g = 3,75 \text{ м/с}^2.$$

10. «Великим» называется такое противостояние Марса, при котором «Красная планета» находится вблизи перигелия, а Земля — вблизи афелия. Рассчитайте минимальное расстояние, на которое могут сблизиться данные планеты.

В данном и последующих пунктах можете считать, что Марс движется строго в плоскости эклиптики.

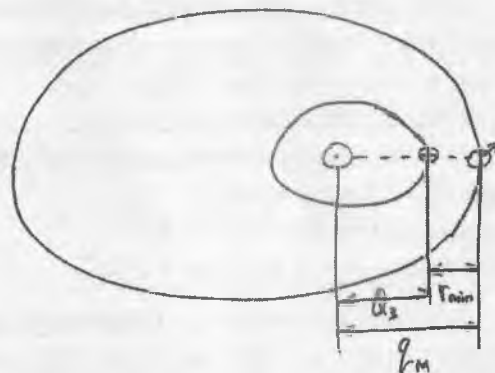
(10 баллов)

$$Q_3 = a_3(1 + e_3); \quad Q_3 = 152,1 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

$$a_M = (T_M)^{2/3}; \quad a_M = 1,52 \text{ а.е.} = 2,28 \cdot 10^8 \text{ км.}$$

$$q_M = a_M(1 - e_M); \quad q_M = 206,7 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

$$r_{\min} = q_M - Q_3; \quad r_{\min} = 54,6 \cdot 10^6 \text{ км} = 0,365 \text{ а.е.}$$



11. Рассчитайте минимальную скорость, с которой Марс может двигаться относительно Земли. Решение проиллюстрируйте рисунком. (12 баллов)

$$v_{\min} = v_{Q3} - v_{qM};$$

$$\langle v_3 \rangle = (2\pi)/T_3; \quad \langle v_3 \rangle = 29,7 \text{ км/с.}$$

$$v_{Q3} = \langle v_3 \rangle \cdot ((1 - e_3)/(1 + e_3))^{1/2},$$

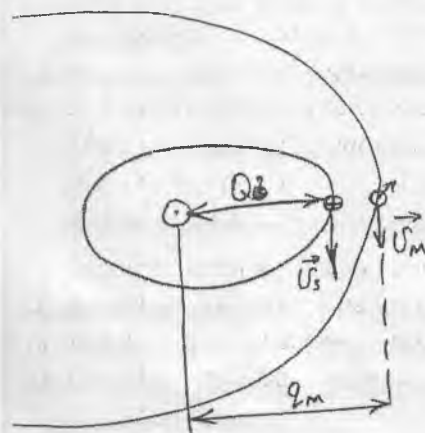
$$v_{Q3} = 29,2 \text{ км/с.}$$

$$v_{qM} = \langle v_M \rangle \cdot ((1 + e_3)/(1 - e_3))^{1/2},$$

$$\langle v_M \rangle = (2\pi)/T_M; \quad \langle v_M \rangle = 24,1 \text{ км/с.}$$

$$v_{qM} = 26,5 \text{ км/с.}$$

$$v_{\min} = 2,7 \text{ км/с.}$$



12. Каково минимальное время, которое может занять перелёт с Земли на Марс, если он будет происходить по наименее затратной, с энергетической точки зрения, траектории? Решение проиллюстрируйте рисунком. (9 баллов)

$$q_3 = a_3(1 - e_3); \quad q_3 = 0,9833 \text{ а.е.} \quad q_M = 1,382 \text{ а.е.}$$

$$a = (q_3 + q_M)/2, \quad a = 1,183 \text{ а.е.}$$

$$T = a^{3/2}, \quad T = 1,286 \text{ года}; \quad t = T/2, \quad t = 0,643 \text{ года} = 235 \text{ сут.}$$

Справочные данные

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Средний радиус Земли: $R = 6371 \text{ км.}$

Звёздные сутки на Земле: $T_3 = 23 \text{ ч. } 56 \text{ мин } 4 \text{ с.} = 86164 \text{ с.}$

Сидерический период обращения Земли (звёздный год): $T_0 = 365,26 \text{ сут.}$

Среднее расстояние от Земли до Солнца $a_3 = 149,6 \cdot 10^6 \text{ км.}$

Эксцентриситет орбиты Земли $e_3 = 0,016711$.

Эксцентриситет орбиты Марса $e_M = 0,093394$.

Координаты Могилева: $\varphi = 53^\circ 54', \lambda = 30^\circ 19'.$

Угол между экватором и эклипкой $\varepsilon = 23^\circ 26' 21''$