

ПРАВИЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

второго (заключительного) этапа Республиканской школьной олимпиады
«Будущее Республики» по общеобразовательному предмету
«Астрономия», проведенного 06 февраля 2021 г.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

1. Ответьте на вопросы. Ответы обосновать.

1.1. Угол наклона оси вращения планет равен: у Венеры – 3° , у Марса – $23^\circ 59'$, у Урана – $82^\circ 05'$. На какой из планет не наблюдается смена времён года?

(10 баллов)

Ответ: У Венеры, т. к. смена времён года не наблюдается, если угол наклона оси мал.

1.2. Видимая звёздная величина m звезды α -Тельца равна 1,06, α -Девы – 1,21, α -Лиры – 0,14. Какая из этих звёзд ярче?

(10 баллов)

Ответ: чем меньше видимая звёздная величина m , тем ярче звезда. Звезда α -Лиры ярче.

2. Свет доходит от Солнца до Земли за 500 с, а от Солнца до Марса – за 750 с. Чему равно наименьшее расстояние от Земли до Марса при их движении по своим орбитам?

(15 баллов)

Дано: $t_1 = 500$ с,

$t_2 = 750$ с,

скорость света находим в справочных материалах $c = 3 \cdot 10^8$ м/с

Найти: $\Delta R = ?$

Возможное решение. Наименьшее расстояние между Землёй и Марсом будет в тот момент, когда они будут находиться на одной прямой с Солнцем. В этом случае расстояние от Солнца до Земли $R_1 = c \cdot t_1$, а от Солнца до Марса $R_2 = c \cdot t_2$. Тогда расстояние между планетами, т. е. от Земли до Марса, будет равно $\Delta R = R_2 - R_1 = c \cdot (t_2 - t_1)$. Подставляя числовые данные задачи, получаем

$$\Delta R = 3 \cdot 10^8 \cdot (750 - 500) = 750 \cdot 10^8 \text{ (м)} = 75 \text{ млн. км}$$

Ответ: наименьшее расстояние от Земли до Марса составляет 75 млн км.

3. Определите массу Плутона сравнением системы Плутона со спутником с системой Земля – Луна, если спутник Плутона отстоит от него на расстоянии 19,7 тыс. км и имеет период обращения 6,4 суток.

(25 баллов)

Дано: $a_1 = 19,7$ тыс. км

$T_1 = 6,4$ сут

Значения a_2 , T_2 и M_2 находим в справочных материалах:

$a_2 = 384$ тыс. км

$T_2 = 27,3$ сут

$M_2 = 6,4 \cdot 10^{24}$ кг

Найти $M_1 = ?$

Возможное решение. Используем обобщённый закон Кеплера

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{(M_1 + m_1)}{(M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}, \text{ где}$$

M_1 – масса Плутона,

M_2 – масса Земли,

m_1 – масса спутника Плутона,

m_2 – масса спутника Земли (Луны),

T_1 и T_2 – периоды обращения спутников планет.

Поскольку движение и масса оказались связаны, эту комбинацию закона Кеплера и закона тяготения Ньютона используют для определения массы планет и спутников, если известны их орбиты и орбитальные периоды.

Так как массы спутников планет малы по сравнению с массами планет

$m_1 \ll M_1$ и $m_2 \ll M_2$, то тогда можно записать

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{M_1}{M_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где a – большие полуоси. Будем считать орбиты спутников круговыми.

Тогда

$$M_1 = M_2 \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^3 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2.$$

$$M_1 = 6,4 \cdot 10^{24} \cdot \left(\frac{19,7}{387} \right)^3 \cdot \left(\frac{27,3}{6,4} \right)^2 = 144 \cdot 10^{20} \text{ (кг)}.$$

Ответ: масса Плутона равна $1,44 \cdot 10^{22}$ кг

4. Звёздная система состоит из двух одинаковых звёзд, находящихся на расстоянии $r = 5 \cdot 10^{11}$ м друг от друга. Найти период обращения звёзд вокруг общего центра масс, если масса каждой звезды $m = 1,5 \cdot 10^{34}$ кг. (25 баллов)

Дано: $r = 5 \cdot 10^{11}$ м

$m_1 = m_2 = m = 1,5 \cdot 10^{34}$ кг

Найти: $T = ?$

Возможное решение. Период обращения звезды вокруг центра масс O равен

$$T = \frac{2\pi r/2}{v} = \frac{\pi r}{v} . \quad (1)$$

Сила всемирного тяготения сообщает звезде центростремительное ускорение:

$$G \frac{m^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r/2} . \text{ Откуда}$$
$$v = \sqrt{\frac{Gm}{2r}} . \quad (2)$$

Подставим выражение (2) в (1), получим

$$T = \pi r \sqrt{\frac{2r}{Gm}} .$$

Подставим числовые данные задачи, получим

$$T = 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{11} \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{11}}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,5 \cdot 10^{34}}} = 1,57 \cdot 10^6 \text{ (с)} \approx 18,17 \text{ сут}$$

Ответ: период обращения звёзд вокруг общего центра масс $T \approx 18,17$ сут

5. Проанализируйте таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Название звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие, в котором находится звезда
Капелла	5200	3	2,5	Возничий
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эльнат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд. Ответы обоснуйте.

- 1). Звёзды Капелла и Менкалинан относятся к одному созвездию, значит, находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 2). Звезда Денеб является сверхгигантом.
- 3). Звёзды Альдебаран и Эльнат имеют одинаковую массу, значит, они относятся к одному и тому же спектральному классу.
- 4). Звезда Бетельгейзе относится к красным звездам спектрального класса М.
- 5). Температура на поверхности Ригеля в 2 раза ниже, чем на поверхности Солнца.

(15 баллов)

Ответы:

1. Утверждение неверное.
2. Радиус Денеба составляет 210 радиусов Солнца. Сверхгиганты имеют радиусы, большие ста радиусов Солнца. Значит, звезда Денеб относится к сверхгигантам.
Утверждение верное.
3. Звёзды распределяются по спектральным классам в соответствии со значением температуры поверхности. Альдебаран имеет температуру 3500 К. Это звезда класса М.
Эльнат имеет температуру 14000 К. Это звезда класса В.
Утверждение неверное.
4. Звёзды класса М имеют температуру поверхности от 2000 до 3500 К. Температура Бетельгейзе 3100 К. Значит, она относится к классу М.
Утверждение верное.

5. Температура на поверхности Ригеля равна 11200 К. Температура Солнца – 5500 К. Значит температура Ригеля в 2 раза выше, а не ниже. Утверждение неверное.