

## ОТВЕТЫ

## Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

## Муниципальный этап

## 11-й класс

*Время выполнения – 3 астрономических часа.*

**Жюри рекомендуется оценивать выполнение заданий следующим образом:**

0 баллов – решение отсутствует, или абсолютно некорректно, или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл – правильно угаданный бинарный ответ (да/нет) без обоснования;

1–2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2–3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3–6 баллов – задание частично решено;

5–7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочётами;

8 баллов – полностью решённая задача.

**Максимальный балл – 48.**

1. Кеплер в книге «Лунная астрономия» писал: «Левания (Луна) состоит из двух полушарий: одно обращено к Земле, другое – в противоположную сторону. С первого всегда видна Земля, со второго Землю увидеть невозможно... В Левании, как и у нас, происходит смена дней и ночей... Кажется, что Земля неподвижна». Верны ли сведения о Луне, приведённые Кеплером? Чему равны сутки на Луне?

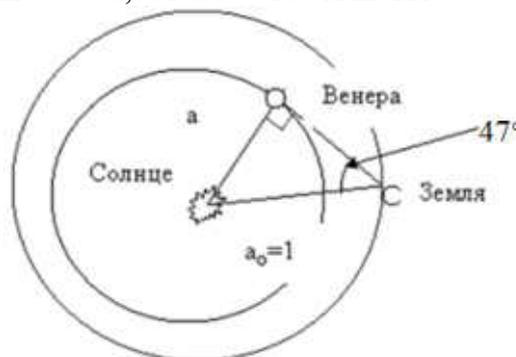
**Возможное решение**

Сведения, приведённые Кеплером, практически верны. На лунном небе Земля почти неподвижна. Для космонавта на большей части лунной поверхности она не восходит и не заходит. Солнечные сутки на Луне равны 29,5 земных суток, а звёздные – 27,3 суток.

2. Наибольшее удаление Венеры от Солнца составляет  $47^\circ$  (максимальная элонгация). Нарисуйте взаимное расположение Венеры, Земли и Солнца в момент наибольшего удаления Венеры от Солнца и определите расстояние Венеры от Солнца в астрономических единицах и километрах. Через какое время повторяются элонгации Венеры (например, западные)? Сидерический период обращения Венеры – 0,615 лет.

**Возможное решение**

Из рисунка видно, что в прямоугольном треугольнике расстояние от Венеры до Солнца равно катету  $a = a_0 \cdot \sin 47^\circ = 0,731 \text{ а.е.} = 109 \text{ млн. км.}$



Конфигурации планет повторяются через синодический период  $S$ , который находится из уравнения синодического движения  $1/S = 1/T - 1/T_3$ . Из этой формулы следует, что синодический период Венеры равен  $S = T \cdot T_3 / (T_3 - T) = 0,615 / 0,385 = 1,597$  лет = 583 дня.

3. Роберт Хайнлайн в романе «Дорога доблести» описывает планету Центр галактической империи. Планета эта «размером с Марс», сила тяжести на ней «почти земная». Что можно сказать о плотности этой планеты? Каковы для этой планеты первая и вторая космическая скорости? Каков период обращения спутника на низкой орбите? Радиус Марса – 3400 км, гравитационная постоянная  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>.

**Возможное решение**

Из закона всемирного тяготения выразим ускорение свободного падения вблизи поверхности планеты:  $g = GM/R^2 = 4\pi G\rho R/3$ . Отсюда средняя плотность планеты  $\rho = 3g/4\pi G R = 10320$  кг/м<sup>3</sup>. Первая космическая скорость  $v_1 = (gR)^{1/2} = 5,77$  км/с.

Вторая космическая скорость в корень из 2 раз больше первой:  $v_2 = 8,14$  км/с.

Период обращения спутника на низкой орбите  $T = 2\pi R/v_1 = 3700$  с.

4. Красная звезда имеет температуру 3 000 К, а белая – 10 000 К. Во сколько раз отличаются размеры звёзд, если они имеют одинаковые светимости?

**Возможное решение**

Светимость звезды  $L$  зависит от её радиуса  $R$  и температуры  $T$  следующим образом:  $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ , где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт /м<sup>2</sup>К<sup>4</sup> – постоянная Стефана-Больцмана.

Следовательно, для двух звёзд с одинаковыми светимостями верно, что

$$\frac{R_1^2}{R_2^2} = \frac{T_2^4}{T_1^4}$$

Отсюда получаем, что красная звезда больше белой в

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{10\,000}{3\,000}\right)^2 \approx 11 \text{ раз.}$$

5. По массе водорода во Вселенной – 75 %, а гелия – 25 %. Каких атомов во Вселенной больше (водорода или гелия) и во сколько раз?

**Возможное решение**

Среди существующих в природе трёх изотопов водорода наиболее распространён (не менее 99,99 %) изотоп, масса атома которого равна 1 атомной единице массы. Из двух существующих изотопов гелия более распространён (не менее 99,9999 %) изотоп, масса атома которого равна 4 а. е. м. Поэтому можно с очень хорошей точностью считать, что каждый атом гелия в 4 раза массивнее каждого атома водорода. Если по массе водорода во Вселенной в три раза больше, чем гелия, то по количеству атомов водорода будет больше в  $3 \cdot 4 = 12$  раз.

6. Через 25 дней после противостояния Сатурна с Солнцем любитель астрономии в северном полушарии Земли наблюдал покрытие Сатурна Луной. Какое из четырёх приведённых изображений соответствует началу наблюдавшегося покрытия? Ответ необходимо обосновать.

**Возможное решение**

Правильный ответ – А. За 25 дней после противостояния Солнце, двигаясь со скоростью около 1° в день, приблизится к точке, где находился Сатурн в противостоянии, примерно на 25°. Сам Сатурн, медленно двигаясь попятно, тоже будет приближаться к Солнцу. Таким образом, Солнце окажется примерно в 155° к западу от Сатурна. Луна может быть полной только в противоположной Солнцу точке, то есть примерно в 25° к востоку от Сатурна. Следовательно, в момент покрытия Луна немного не дошла до полнолуния и у нее остался неосвещённым восточный (левый) край. Поскольку

относительно Сатурна Луна движется с запада на восток (справа налево), то покрывать его она будет своим неосвещённым краем. Получается, что правильный ответ – вариант А, вариант Б соответствует окончанию покрытия, иначе, открытию, а варианты В и Г при данных условиях не могут быть реализованы.