

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?

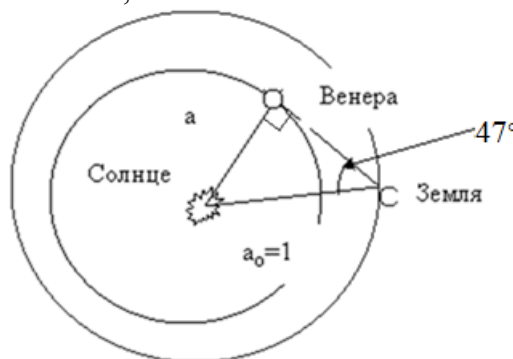
Возможное решение

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° (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·м²/кг².

Возможное решение

Из закона всемирного тяготения выразим ускорение свободного падения вблизи поверхности планеты: $g = GM/R^2 = 4\pi GR/3$. Отсюда средняя плотность планеты $\rho = 3g/4\pi GR = 10320$ кг/м³. 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/м²К⁴ – 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 неосвещённый 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.