

Ключи, критерии оценивания заданий
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников
2024-2025
Астрономия
10 класс
Максимальный балл 48

Задача 1 (8 баллов)

Сколько планет, похожих на Юпитер, нужно объединить, чтобы образовалась звезда, похожая на Солнце? Можно ли создать такую звезду из огромного числа планет, похожих на Землю? Сколько их для этого понадобится?

Химический состав Юпитера похож на химический состав Солнца. Поэтому для образования звезды надо лишь собрать нужную массу, а дальше гравитация сделает все сама.	3 б.
То есть нужно около $N \approx \frac{1,989 \cdot 10^{30}}{1,899 \cdot 10^{27}} \approx 1000$ планет, похожих на Юпитер, для создания звезды, похожей на Солнце.	2 б.
«Собрать» звезду из планет, похожих на Землю, напрямую не получится, так как химический состав их различается очень сильно.	3 б.

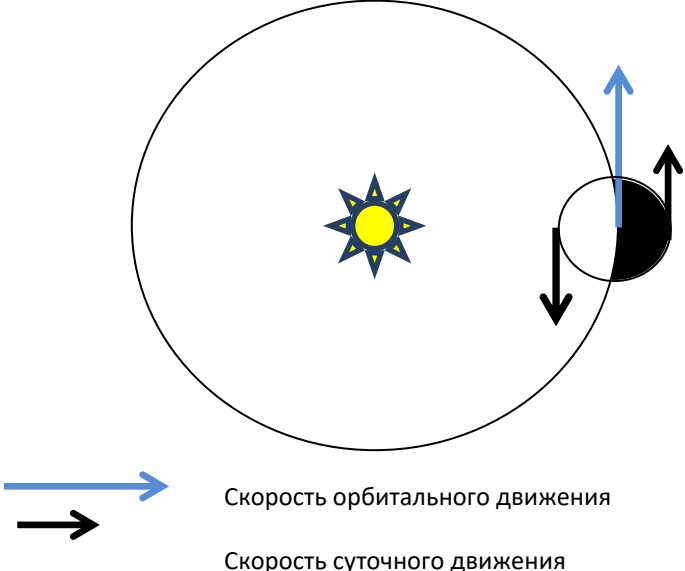
Задача 2 (8 баллов)

Прогуливаясь по Марсу, марсопроходец Василий встретил на своем пути марсианское ущелье. Решив его исследовать, он случайно уронил в него фонарик. Имея в своем распоряжении прочную веревку длиной 30 м, он решил оценить, хватит ли ее длины, чтобы опуститься на дно ущелья и достать фонарик. Василий бросил в ущелье камень и определил, что до дна камень летел 4 с. Сможет ли Василий достать фонарик? Учтите, что на крепежные узлы Василию придется потратить 0,5 м веревки.

1. Глубину ущелья H найдем из условия свободного падения тела в поле тяжести Марса $H = \frac{gt^2}{2},$ g – ускорение свободного падения на Марсе; t – время падения.	2 б.
2. Ускорение свободного падения на Марсе можно выразить через данные о массе M и радиусе R Марса $g = \frac{GM}{R^2}.$	2 б.
3. Подставляя все данные в формулы 1 и 2, находим глубину ущелья $H = \frac{GMt^2}{2R^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6,42 \cdot 10^{23} \cdot 4^2}{2 \cdot 3390^2 \cdot 10^6} = 29,8 \text{ м.}$	2 б.
4. С учетом узлов длины шнура не хватит.	2 б.

Задача 3 (8 баллов)

В какое время суток человек, стоящий на поверхности Земли в районе экватора, движется быстрее? Оцените отличие полуночной и полуденной скорости, если оно есть.

<p>1. Абсолютная скорость движения точки земной поверхности складывается из скорости орбитального движения Земли вокруг Солнца и скорости суточного вращения Земли вокруг своей оси.</p>	26.
<p>2. Угловая скорость суточного вращения Земли и угловая скорость орбитального движения совпадают по направлению (без учета наклона земной оси).</p> <p>Как видно из рисунка: ночью линейные скорости движения орбитального и суточного движения совпадают по направлению, а днем линейные скорости движения орбитального и суточного движения противоположны по направлению, значит в полночь землянин движется быстрее, чем в полдень.</p>	2 б.
<div style="text-align: center;">  </div>	
<p>3. Найдем линейную скорость орбитального движения</p> $v_{\text{орб}} = \frac{2\pi R_{\text{орбиты}}}{T} = \frac{2\pi \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}}{365,25 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}} = 29,77 \text{ км/с.}$ <p>Найдем линейную скорость движения точки поверхности Земли при осевом вращении</p> $v_{\text{ось}} = \frac{2\pi R_3}{t} = \frac{2\pi \cdot 6378 \text{ км}}{24 \cdot 3600 \text{ с}} = 464 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$	3 б.
<p>4. Таким образом, полуночная скорость превышает полуденную на 3% (без учета наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики):</p> $\frac{29770 + 464}{29770 - 464} = 1,03.$	1 б.

Задача 4 (8 баллов)

Межпланетная станция, имеющая скорость относительно Солнца 15 км/с, достигла орбиты астероида, вращающегося по круговой орбите. В этот момент к наземному радиотелескопу со станции был отправлен радиосигнал. Земля в момент отправки радиосигнала находилась в наибольшей западной элонгации, если смотреть со станции. Зная, что период обращения астероида вокруг Солнца составляет 15 лет, ответьте на ряд вопросов.

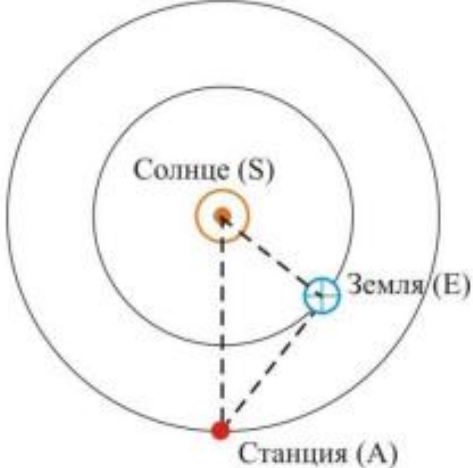
В какой конфигурации станция наблюдается с Земли?

Чему равен радиус орбиты астероида (ответ укажите в а.е. и округлите до сотых)?

Чему равно расстояние от станции до Земли (ответ укажите в а.е. и округлите до целых)?

Сколько времени будет идти сигнал (ответ укажите в минутах и округлите до целых)?

Какой путь пройдёт станция за время, требующееся сигналу для того, чтобы прийти до телескопа (ответ укажите в км)?

<p>1. Сделаем рисунок. Орбита астероида является верхней по отношению в орбите Земли. С Земли станция будет наблюдаться в восточной квадратуре.</p> 	4 б.
<p>2. Радиус орбиты астероида можно вычислить используя 3-й закон Кеплера $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{15^2} \sim 6,08$ а. е.</p>	1 б.
<p>3. Расстояние от станции до Земли можно найти по теореме Пифагора (т.к. угол SEA–прямой): $EA = \sqrt{SA^2 - SE^2} = \sqrt{6,08^2 - 1^2} = 5,99 \sim 6$ а. е.</p>	1 б.
<p>4. Скорость распространения радиоволн 300000 км/с. Расстояние в 6 а.е. радиоволны пройдут за $t = \frac{EA}{c} = \frac{6 \cdot 150 \cdot 10^6 \text{ км}}{300000 \text{ км/с}} = 3000 \text{ с} = 50 \text{ минут}$</p>	1 б.
<p>5. За это время станция пройдет путь $3000 \cdot 15 = 45000$ км. <i>Ответ от 44830 до 45000 км оценивается в 1 балл.</i></p>	1 б.

Задача 5 (8 баллов)

Как и на сколько градусов изменится средняя температура Земли, если вся поверхность Солнца покроеся пятнами? Принять, что температура поверхности Солнца 6000 К, а температура пятна отличается на 1000 К. Парниковым эффектом пренебречь.

1. Температура пятен ниже температуры поверхности Солнца и равна $6000 \text{ K} - 5000 \text{ K} = 1000$, значит температура Земли будет уменьшаться.	1 б.
2. Согласно закону Стефана-Больцмана светимость Солнца пропорциональна четвертой степени температуры и второй степени ее радиуса. $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$.	1 б.
3. Запишем закон сохранения энергии для поиска равновесной температуры Земли T_3 : $\frac{4\pi R^2 \sigma T^4}{4\pi a^2} \cdot \pi R_3^2 = 4\pi R_3^2 \sigma T_3^4$ <i>Пояснения. Энергия, идущая от Солнца, распространяется в сферу. На расстоянии равно $a = 1$ а.е. (там, где находится Земля) площадь сферы равна $4\pi a^2$. Энергия попадает на эффективную площадь πR_3^2. Земля становится сама источником излучения.</i> Следовательно $T_3 = T \cdot \sqrt{\frac{R}{2a}}$	4 б.
4. Выполняем расчет для начальной и конечной температуры Солнца, используя данные о радиусе Солнца и величине астрономической единицы. $T_3^1 = 6000 \text{ K} \cdot \sqrt{\frac{695\,700 \text{ км}}{2 \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}}} = 289 \text{ K}$ – температура Земли при Солнце без пятен. $T_3^2 = 5000 \text{ K} \cdot \sqrt{\frac{695\,700 \text{ км}}{2 \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}}} = 241 \text{ K}$ – температура Земли при Солнце, покрытом пятнами.	1 б.
5. Таким образом, температура Земли понизится на 48 градусов.	1 б.

Задача 6 (8 баллов)

С МКС получен снимок пирамид Гизы. Оцените, какое фокусное расстояние имел объектив, которым был сделан снимок, если известно, что высота полета МКС 396 км, размер основания пирамиды Хеопса 230 м, а ее изображение на снимке занимает 290 мкм.

1. Рисунок, приведенный в задании в решении участия не принимает. Размер изображения на матрице связан с размером объекта связаны соотношением $\frac{L}{H} = \frac{d}{F'}$ L – линейный размер пирамиды; H – высота полета МКС; d – размер изображения; F' – фокусное расстояние.	4 б.
2. $F = \frac{d \cdot H}{L} = 499 \text{ мм} \sim 0,5 \text{ м}$.	4 б.