

Всероссийская олимпиада школьников
II (муниципальный) этап
Астрономия, 2010 год
10 класс

Критерии проверки

Все задания по 8 баллов

Задание 1.

Ближайшая к нам звезда, Проксима Центавра, расположена от нас на расстоянии 4,2 светового года. Смогли бы вы пройти за месяц одну миллиардную часть расстояния до неё, если бы умели ходить по космосу?

Решение:

Одна миллиардная часть от 4,2 св. года $l = 4,2 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 / 10^9 = 39700$ км. Даже если идти 31 день по 24 часа в день со скоростью 7 км/ч, то можно пройти только 5208 километров. Таким образом, ответ – НЕТ.

Задание 2.

Какой высоты телеантенну нужно установить на южном полюсе, что бы принимать сигнал с геостационарного спутника. Радиус Земли считать равным 6400 километров

Решение:

Высота геостационарного спутника над поверхностью земли такова, что период его обращения совпадает со скоростью вращения Земли, то есть его расстояние до центра Земли равно 42000 километров. При этом он висит над экватором. Из подобия треугольников можно легко получить соотношение:

$$\frac{42000}{6400 + x} = \frac{6400}{\sqrt{(6400 + x)^2 - 6400^2}}$$

Решая, находим высоту = 75,2 километра.

Задание 3.

Определить диаметр звезды в километрах, при видимом угловом её диаметре 0,005» и параллаксе 0,035», если она расположена перпендикулярно плоскости земной орбиты.

Решение:

Расстояние до этой звезды составит $L = 150000000 \cdot \text{ctg } 0,035''$ км. То её размер

$$d = 150000000 \cdot \text{ctg } 0,035'' \cdot \tan 0,005'' = 2,1 \cdot 10^7 \text{ км}$$

Задание 4.

До XIX века люди не могли сделать достаточно точные часы, что бы их можно было использовать их для определения координат местности. Поэтому в каждой экспедиции обязательно был человек с астрономической подготовкой, задачей которого было определять точное время. Попробуйте придумать способы, которыми такие люди могли бы пользоваться.

1 балл	Участник привёл способ, который содержит принципиальную ошибку и не может сработать
2 балла	
3 балла	Участник придумал работающий, но сильно непрактичный способ – например, использование солнечных затмений.
4 балла	То же, что 3 балла, но с подробным описанием.
5 баллов	
6 баллов	Участник придумал один из способов, которые реально использовались – наблюдение спутников Юпитера, покрытие звёзд Луной, измерение расстояния от Луны до ярких звёзд – либо ещё какой-либо работающий способ, но не описал его подробно.
7 баллов	Участник придумал работающий способ и подробно описала его либо участник придумал несколько работающих способов, но не привёл описания.
8 баллов	Участник придумал несколько работающих способов и подробно описал их.

Задание 5.

Самый старый модуль Международной Космической Станции находится на орбите со 2 декабря 1998 года. Считая, что МКС летает по круговой орбите на высоте 350 километров над Землёй, рассчитать, сколько астрономических единиц он пролетела за это время. Первая космическая скорость на поверхности Земли $V=7,8$ км/с, радиус Земли $R=6400$ км.

Решение:

Длина орбиты МКС $l = 2\pi(R + h)$. Первая космическая скорость равна $\sqrt{\frac{G}{R}}$, следовательно, первая космическая скорость на высоте МКС равна $\sqrt{\frac{R}{R+h}}V$, то период МКС составит

$$\frac{l}{\sqrt{\frac{R}{R+h}}V} = \sqrt{\frac{R+h}{R}} \cdot \frac{2\pi(R+h)}{V} = \frac{2 \cdot 3,14 \dots \cdot (6400 + 350)^{3/2}}{\sqrt{6400} \cdot 7,8} = 5584 \text{ секунды}$$

С начала полёта станции прошло примерно 12 лет, следовательно станция успела сделать $N = 12 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 3600 / 5584 = 67700$ оборотов. Отсюда, общая длина пути, который пролетела станция, составит

$$L = N \cdot l = 67700 \cdot 2 \cdot 3,14 \dots \cdot \frac{(6400 + 350)}{10} = 19,1 \text{ астрономической единицы.}$$

Задание 6.

Оценить время, которое займёт пилотируемая экспедиция к Марсу и обратно. Период обращения Марса вокруг Солнца составляет 1,9 года

1 балл	Задача решена полностью неверно. Ответ неверен на несколько порядков
2 балла	Участник считал время полёта так, как будто он проходил с постоянной скоростью, равной первой космической скорости.
3 балла	Участник считал время полёта так, как будто он проходил с постоянной скоростью, равной скорости движения земли по орбите или второй космической скорости
4 балла	Участник указал, что полёт будет выполняться по гомановским орбитам, но не мог рассчитать время полёта
5 баллов	Участник указал, что полёт будет выполняться по гомановским орбитам, указал на необходимость ждать, но не выполнил расчёты
6 баллов	Участник верно рассчитал время полёта, но забыл про необходимость ждать
7 баллов	Задача решена, но с арифметическими ошибками либо неправильно учтено направление движения планет.
8 баллов	Задача решена полностью верно, получен правильный ответ

Решение:

Такая экспедиция при текущем уровне технологий будет непременно проходить по гомановской орбите, то есть по эллипсу, перигелий которого находится на уровне орбиты Земли, а апогелий – на уровне орбиты Марса. Что, по третьему закону Кеплера, означает, что время полёта в одну сторону, то есть половина орбитального периода при полёте по такому эллипсу, будет равно

$$\frac{1}{2} \left(\frac{R_3 + R_M}{2R_3} \right)^{2/3} T_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{R_3 + 1,9^{3/2} R_3}{2R_3} \right)^{2/3} T_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{1 + 1,9^{3/2}}{2} \right)^{2/3} T_3 = 0,74 \text{ года} = 271 \text{ день}$$

Разумеется, полёт обратно займёт ровно столько же времени. Но мы не можем лететь обратно сразу. За время полёта Земля, которая в момент старта находилась в соединении с Марсом, переместилась в точку на 87,3 градуса впереди Марса. Её угловая скорость движения по орбите составляет $360/365,25 \sim 1$ градус в день, а скорость Марса $360/(1,9 * 365,25) \sim 0,52$ градуса в день. Это означает, что их относительная угловая скорость равна 0,48 градуса в день. Для того, чтобы ракета могла стартовать обратно надо, чтобы Земля была в такой точке, чтобы за время полёта ракеты Земля прилетела в точку, противоположную точке старта. То есть стартовать надо, когда земля на 87,3 градуса позади Марса. Это значит, что по орбите относительно Марса она должна пройти $360 - 2 * 87,3 = 185,4$ градуса, на что ей понадобится $185,4/0,52 \sim 357$ суток. Таким образом, вся экспедиция займёт $357 + 2 * 271 = 899$ суток