

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

9 класс

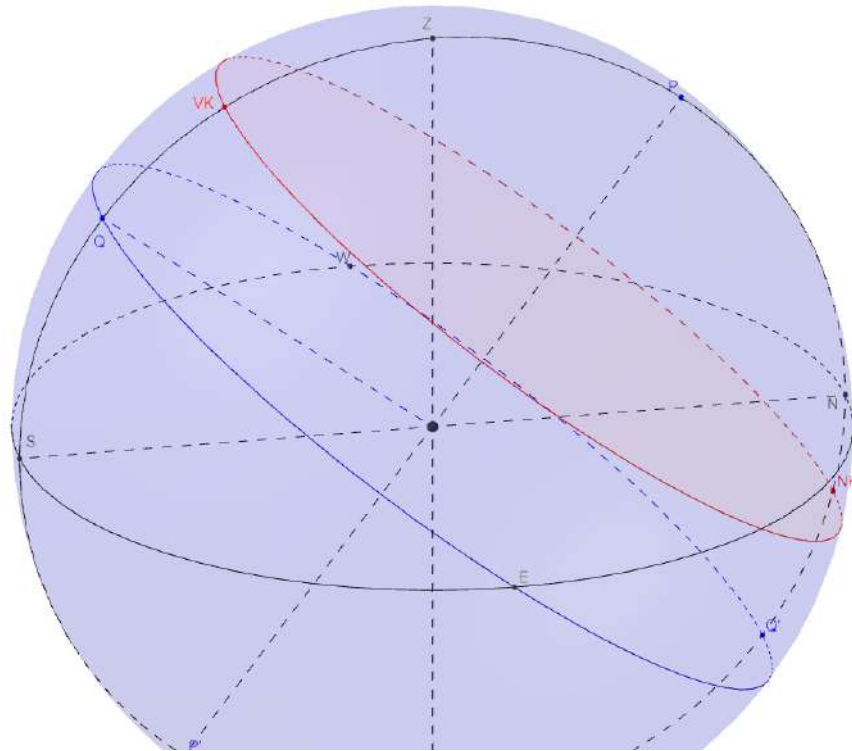
Решения

Задание 1 (8 баллов)

В городе Екатеринбурге в некоторый момент времени одна звезда наблюдается в верхней кульминации к югу от зенита, а вторая – к северу. Определите азимуты и часовые углы обеих звезд, также разницу их прямых восхождений. Ответ сопроводите рисунком. Широта Екатеринбурга 56 градусов.

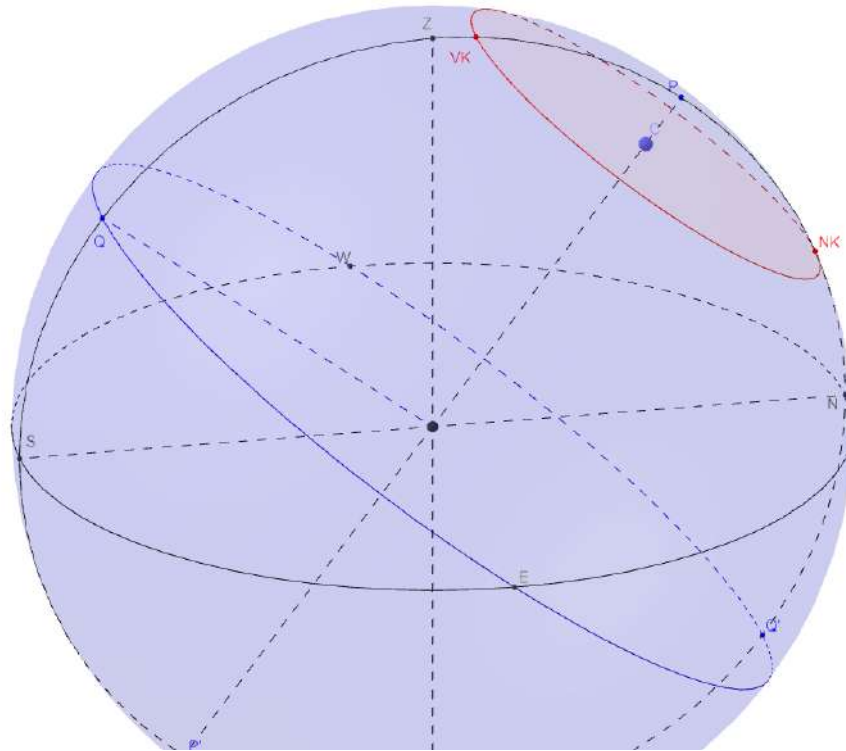
Решение

1. Широта Екатеринбурга – 56° , это дает нам возможность сориентировать элементы горизонтальной и I экваториальной систем. Нарисуем небесную сферу, соответствующие точки и линии



На данном рисунке изображен случай в верхней кульминации к югу от зенита. В решении построен объемный рисунок, его построение не является обязательным, достаточно плоского случая.

2. На рисунке видно, что точка верхней кульминации лежит на меридиане между зенитом и точкой юга. Поскольку астрономический азимут измеряют от точки юга, а в данный момент звезда наблюдается по направлению на юг, ее азимут будет равен 0° . Кроме того, точка верхней кульминации лежит на меридиане между северным полюсом Мира P и точкой Q на экваторе. От точки Q измеряют часовой угол, таким образом, часовой угол этой точки равен 0^h .



3.

На данном рисунке изображена верхняя кульминация к северу от зенита. Требования к изображению такие же, как в пункте 1.

- 4 На рисунке видно, что точка верхней кульминации лежит на меридиане между зенитом и точкой севера. Поскольку астрономический азимут измеряют от точки юга, а в данный момент звезда наблюдается по направлению на север, ее азимут будет равен 180° . Кроме того, точка верхней кульминации лежит на меридиане между северным полюсом Мира P и точкой Q на экваторе. От точки Q измеряют часовой угол, таким образом, часовой угол этой точки равен 0^h .
- 5 Как известно, звездное время по определению сумма часового угла и прямого восхождения любой звезды. Момент времени в условиях задачи один и тот же, часовой угол – тоже. Это говорит о равенстве прямых восхождений, а значит их разность - 0^h

Задание 2 (8 баллов)

Геостационарные спутники обращаются вокруг Земли с периодом, равным периоду обращения Земли вокруг оси. Такая геостационарная орбита удобна тем, что фактически спутник всегда висит над одной и той же точкой планеты. Если бы Луна не была бы спутником Земли, а самостоятельно бы вращалась вокруг Солнца, то на каком расстоянии от ее центра могла проходить подобная “мун-стационарная орбита”? Считать, что масса и период обращения Луны вокруг оси не изменились.

Решение

1. В предположении круговых орбит средняя линейная скорость аппарата

$$\text{будет равна } V = \frac{2\pi R}{T}$$

2. С другой стороны, скорость обращения аппарата можно выразить

$$\text{следующим образом } V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

3. Приравняем обе правых части и немного преобразуем

$$\frac{2\pi R}{T} = \sqrt{\frac{GM}{R}} \Rightarrow \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R} \Rightarrow 4\pi^2 R^3 = GMT^2 \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

4. Возьмем данные для Луны и преобразуем их в систему СИ: $T = 2358720$ секунд, $M = 7,40741 \cdot 10^{22}$ кг

5. Получим ответ и выразим его в километрах $R = 88632$ километра

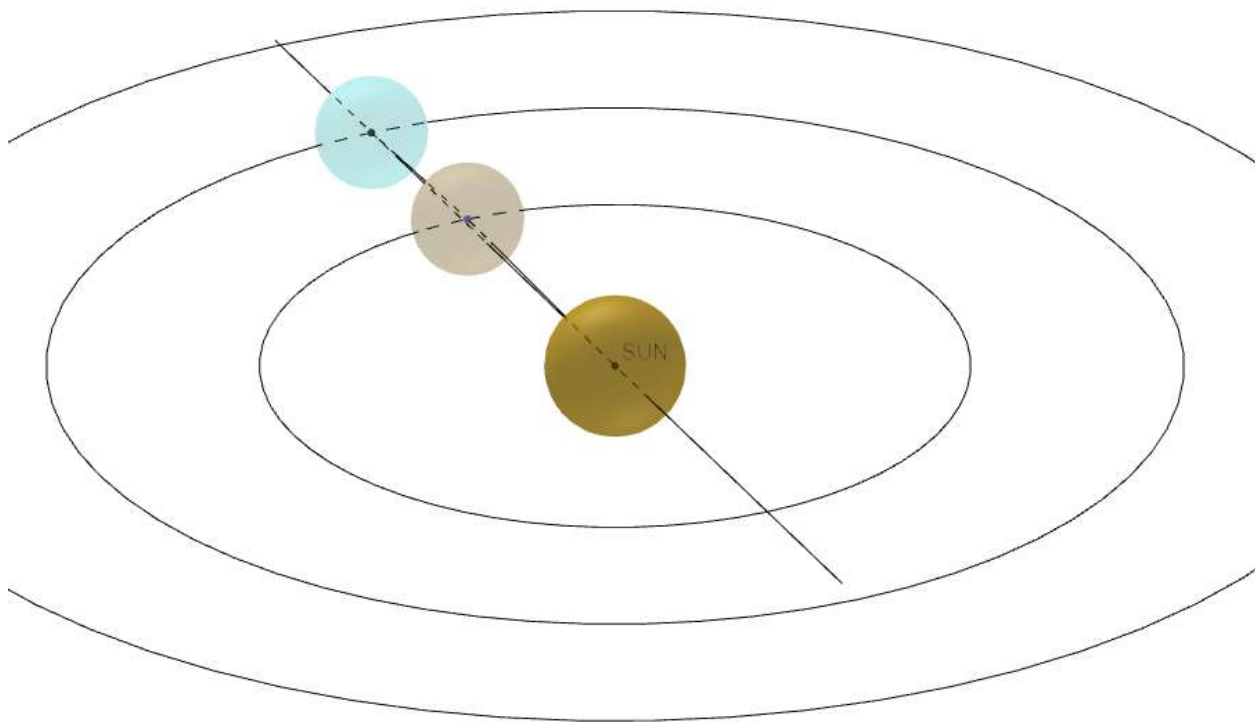
Задание 3 (8 баллов)

Карликовая планета Церера обращается вокруг Солнца на среднем расстоянии 2,76 астрономической единицы. Определите, как часто можно наблюдать эту карликовую планету в полной фазе с Земли (в ситуации, когда все 100%

поверхности Цереры, освещенной Солнцем, видно с Земли в ночное время).
Ответ сопроводите рисунком. Эллиптичностью орбит Земли и Цереры, а также формой Цереры пренебечь.

Решение

1. По третьему закону Кеплера определим сидерический период обращения Цереры: $T^2 = a^3 \Rightarrow T = \sqrt{a^3} = 4,58$ года
2. Сделаем рисунок



3. Описанная ситуация соответствует конфигурации Противостояние.

Нужно определить синодический период Цереры и Земли: $\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{1} - \frac{1}{4,58} \Rightarrow S = 1,28 \text{ года}$$

Задание 4 (8 баллов)

Потоки частиц солнечного ветра могут распространяться по космосу со скоростью 1200 км/с. Если сейчас наблюдатели на Земле зафиксируют вспышку на Солнце, то через какой промежуток времени поток частиц достигнет нашей планеты?

Решение

1. Астрономическая единица (R) содержит 149,6 млн километров (допустимо 150 млн километров)
2. Скорость света (V) – 300 000 километров в секунду
3. Расстояние между Землей и Солнцем свет пройдет за $T_1 = \frac{R}{V} \approx 8$ минут
4. Скорость потока частиц (w) – 1200 км/с. Расстояние между Землей и Солнцем частицы пройдут за $T_2 = \frac{R}{w} \approx 34,6$ часа
5. Частицы доберутся до Земли после обнаружение вспышки за $t = T_2 - T_1$. Но поскольку время распространения света существенно меньше времени распространения частиц, этим шагом можно пренебречь

Задание 5 (8 баллов)

Греческий астроном Эратосфен Киренский впервые измерил радиус Земли следующим образом. План был такой: нужно было в день летнего солнцестояния пронаблюдать верхнюю кульминацию Солнца из двух городов,

лежащих на одном меридиане (Сиена и Александрия). В Сиене Солнце прошло в зените, а в Александрии в момент кульминации имело зенитное расстояние 7,2 градуса. Также нужно было измерить расстояние между двумя городами на поверхности Земли (существует легенда, что это расстояние было пройдено “приставным шагом” – когда, делая шаг, пятку одной ноги приставляют к носку другой). Средний радиус Земли составляет 6371 километр, а средняя длина стопы – 26 сантиметров. Определите, как часто можно было сбиться со счета, считая шаги, чтобы ошибка измерения радиуса Земли не превышала 100 километров?

Решение

1. Так как в одном городе Солнце наблюдалось в зените, а в другом на определенном зенитном расстоянии, и момент времени был одинаков, и меридиан в двух городах один и тот же – зенитное расстояние будет равно угловому расстоянию между городами по поверхности Земли. Таким образом, угловое расстояние между городами по меридиану будет $w = 7,2^\circ$
2. Линейное расстояние между двумя городами можно выразить как $L = N * l$, где l – длина стопы, а N – число шагов
3. Периметр окружности с радиусом, равным радиусу Земли, будет относиться к 360° также, как угловое расстояние между двумя города к линейному расстоянию по поверхности Земли между ними

$$\frac{2\pi * R}{360} = \frac{L}{w} \Rightarrow \frac{2\pi * R}{360} = \frac{l * N}{w} \Rightarrow N = \frac{2\pi * R * w}{360 * l}$$

От 360 и 2π можно избавиться, если выражать углы в радианах, но это не обязательно

4. Подставим правильный радиус $R = 6371$ километр или $6,371 * 10^6$ метров и получим $N = 3079244$ шага

5. Ошибемся в радиусе на 100 километров, например, в меньшую сторону и подставим радиус $R = 6271$ километр. Получим $N = 3030911,928$
6. Учитывая, что все вычисления примерные из-за множества допущений (неизвестно, насколько точно измерено зенитное расстояние, города не на одном меридиане на самом деле) округляем разность до 50000 шагов. Ошибаться можно было примерно один раз на каждые 62 шага, что вполне терпимо

Задание 6 (8 баллов)

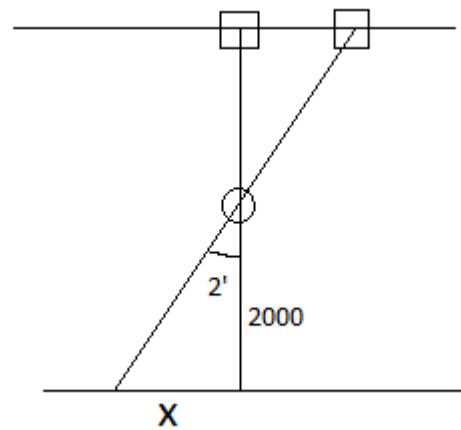
Вам посчастливилось увидеть одинокий столб, стоящий прямо посреди большого поля. Далеко позади столба виднеется аллея деревьев, высаженных в ряд перпендикулярно лучу зрения. Деревья кажутся настолько близкими друг к другу, что вы едва различаете просветы между ними. В первоначальный момент на вашем луче зрения оказались и столб, и одно из деревьев. Вы идете по дороге, параллельной аллее далеких деревьев, и замечаете, что спустя время столб заслонил другое, соседнее дерево. Какое расстояние вы прошли по дороге, если известно, что в первоначальный момент вы находились на кратчайшем расстоянии от столба до дороги и оно составляло 2000 метров? Атмосферными эффектами пренебречь. Разрешающая способность человеческого глаза – 2 минуты.

Решение

1. Аллея деревьев практически сплошная, это означает что угловое расстояние между соседними деревьями практически равно

разрешающей способности человеческого глаза. Для примера возьмем $w = 2'$

2. Почему столб перемещается на фоне деревьев? Это явление, связанное с перемещением наблюдателя (параллаксом). База такого параллакса – это расстояние, на которое сдвинулся наблюдатель, а параллактический угол – $2'$. Расстояние же до столба в первый момент времени известно – 2000 метров



3. Построим изображение

Угол в треугольнике мал, синусы и тангенсы малых углов равны самим малым углам, если их выразить в радианах

4. $\tan(w) = \frac{x}{2000} \Rightarrow \frac{w}{3438'/\text{рад}} = \frac{x}{2000} \Rightarrow x = \frac{2000 * w}{3438} \approx 1$ метр. Это значит, что нужно было сделать всего 1-2 шага по дороге