

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

9 класс

Критерии оценивания

Для проверки решений участников формируется жюри, состоящее из числа педагогических, научно-педагогических работников, руководящих работников образовательных организаций, аспирантов, победителей международных олимпиад школьников и победителей и призеров заключительного этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии и физике, а также специалистов, обладающих профессиональными знаниями, навыками и опытом в области астрономии и физики. Численность жюри муниципального этапа олимпиады составляет не менее 5 человек.

Для обеспечения объективной и единообразной проверки решение каждого задания должно проверяться одним и тем же членом жюри у всех участников в данной возрастной параллели, а при достаточном количестве членов жюри - независимо двумя членами жюри с последующей коррекцией существенного различия в их оценках одной и той же работы.

Решение каждого задания оценивается в соответствии с рекомендациями, разработанными предметно-методической комиссией. Альтернативные способы решения, не учтенные составителями заданий, также оцениваются в полной мере при условии их корректности. Во многих заданиях этапы решения можно выполнять в произвольном порядке; это не влияет на оценку за выполнение каждого этапа и за задание в целом.

При частичном выполнении задания оценка зависит от степени и правильности выполнения каждого этапа решения, при этом частичное выполнение этапа оценивается пропорциональной частью баллов за этот этап.

При проверке решения необходимо отмечать степень выполнения его этапов и выставленные за каждый этап количества баллов.

Если тот или иной этап решения можно выполнить отдельно от остальных, он оценивается независимо. Если ошибка, сделанная на предыдущих этапах, не нарушает логику выполнения последующего и не приводит к абсурдным результатам, то последующий этап при условии правильного выполнения оценивается полностью.

Жюри не учитывает решения или части решений заданий, изложенные в черновике, даже при наличии ссылки на черновик в чистовом решении. Об этом необходимо отдельно предупредить участников перед началом олимпиады.

Жюри должно придерживаться принципа соразмерности: так, если в решении допущена грубая астрономическая или физическая ошибка с абсурдным выводом (например, скорость больше скорости света, масса звезды, существенно меньшая реальной массы Земли и т. д.), все решение оценивается в 0 баллов, тогда как незначительная математическая ошибка должна снижать итоговую оценку не более, чем на 2 балла.

Ниже представлена примерная схема оценивания решений по 8-балльной системе:

0 баллов: решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл: правильно угадан 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 недочетами;

8 баллов: задание решено полностью.

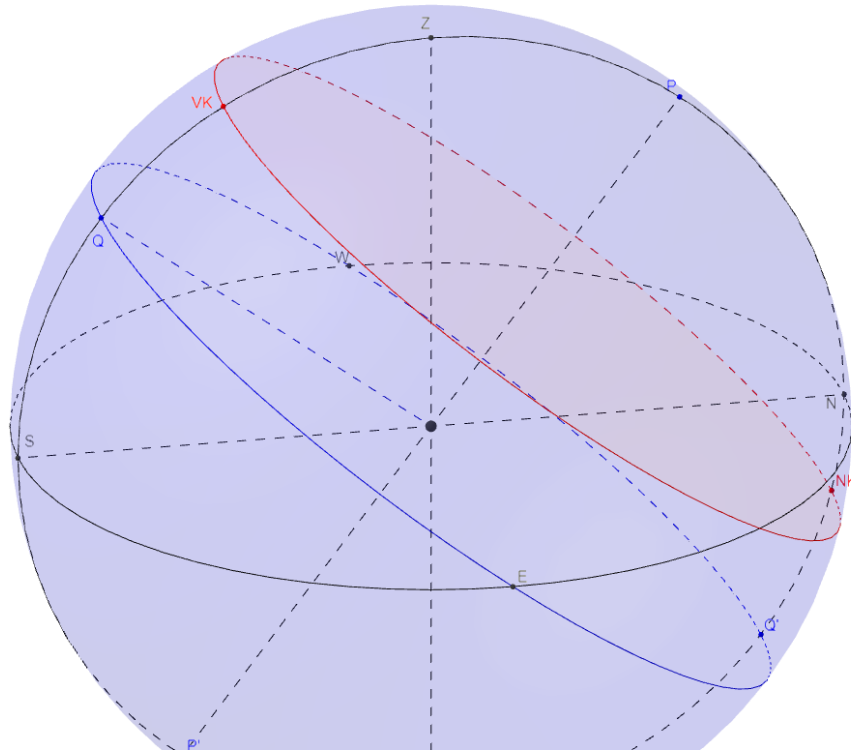
Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

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.

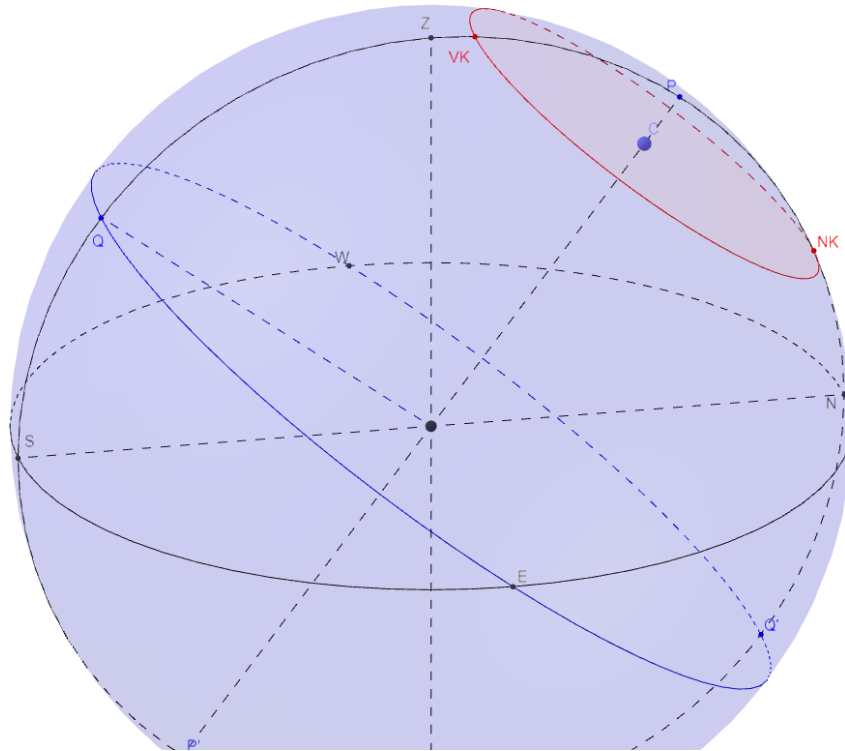
Решение

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. //рисунок, правильное взаиморасположение линий и точек – 3 балла

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 . // рассуждения, приводящие к правильному ответу – 2 балла



3.

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

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 . // рассуждения, приводящие к правильному ответу – 2 балла

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 // вывод о прямых восхождениях – 1 балл

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 “лун-стационарная орбита”? Считать, что масса и период обращения Луны вокруг оси не изменились.

Решение

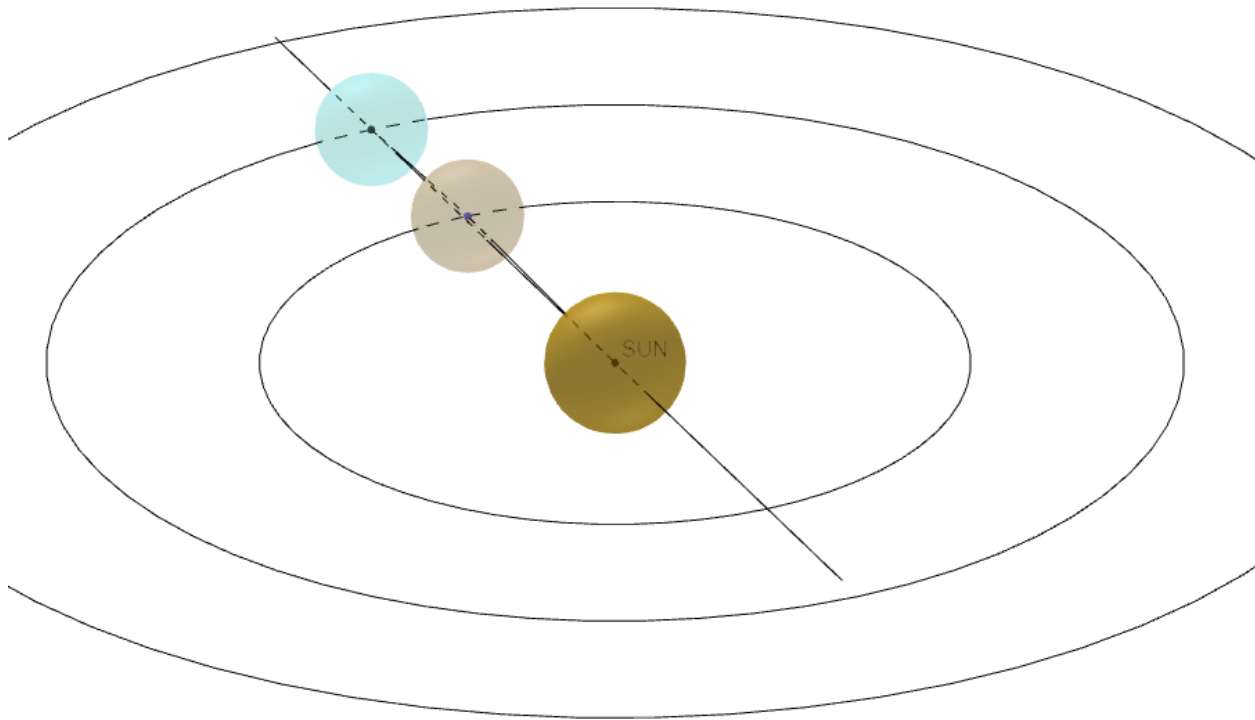
1. В предположении круговых орбит средняя линейная скорость аппарата будет равна $V = \frac{2\pi R}{T}$ // знание факта и использование формулы или аналогичной формулы – 2 балла
2. С другой стороны, скорость обращения аппарата можно выразить следующим образом $V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ // знание факта и использование формулы или аналогичной формулы – 2 балла
3. Приравняем обе правых части и немного преобразуем
$$\frac{2\pi R}{T} = \sqrt{\frac{GM}{R}} \Rightarrow \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R} \Rightarrow 4\pi^2 R^3 = GMT^2 \Rightarrow R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$
 // вывод формулы – 2 балла, приемлем любой путь, приводящий к правильному уравнению
4. Возьмем данные для Луны и преобразуем их в систему СИ: $T = 2358720$ секунд, $M = 7,40741 \cdot 10^{22}$ кг // справочные данные или знание величин – 1 балл
5. Получим ответ и выразим его в километрах $R = 88632$ километра // верный ответ -1 балл

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 пренебречь.

Решение

1. По третьему закону Кеплера определим сидерический период обращения Цереры: $T^2 = a^3 \Rightarrow T = \sqrt{a^3} = 4,58$ года // *расчеты величины – 3 балла, любым способом*
2. Сделаем рисунок // *корректный рисунок – 2 балла*



3. Описанная ситуация соответствует конфигурации Противостояние.

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

$\frac{1}{S} = \frac{1}{1} - \frac{1}{4,58} \Rightarrow S = 1,28$ года // *размышление и корректные расчеты –*

3 балла

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) // *использование справочных данных или знание факта – 1 балл*
2. Скорость света (V) – 300 000 километров в секунду // *использование справочных данных или знание факта – 1 балл*
3. Расстояние между Землей и Солнцем свет пройдет за $T_1 = \frac{R}{V} \approx 8$ минут // *оценка величины с точностью до минут – 2 балла*
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 // *оценка величины с точностью до часа – 3 балла*
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 // *вывод с учетом 8 минут или без них – 1 балл*

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 $w = 7,2^\circ$ // *размышления на тему эксперимента – 2 балла*
2. Линейное расстояние между двумя городами можно выразить как $L = N * l$, где l – длина стопы, а N – число шагов // *определение такой связи – 1 балл*
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 // *вывод формулы – 2 балла*

4. Подставим правильный радиус $R = 6371$ километр или $6,371 * 10^6$ метров и получим $N = 3079244$ шага // *правильные вычисления – 1 балл*
5. Ошибемся в радиусе на 100 километров, например, в меньшую сторону и подставим радиус $R = 6271$ километр. Получим $N = 3030911,928$ // *правильные вычисления – 1 балл*

- б. 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 // *рассуждения и вывод – 1 балл*

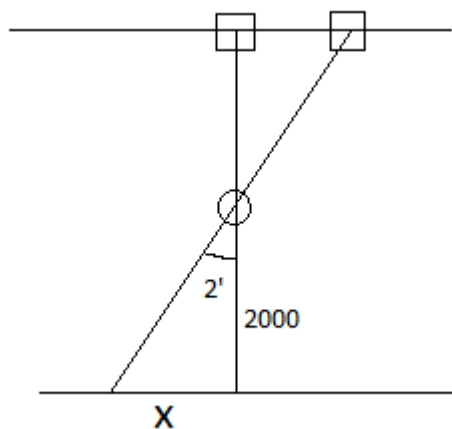
Задание 6 (8 баллов)

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 $w = 2'$ // *знание факта – 3 балла, допускается колебание значения 1'-3' и соответствующие изменение ответа без потери баллов*
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 // *размышления на тему параллакса – 2 балла*



3. Построим изображение

Угол в треугольнике мал, синусы и тангенсы малых углов равны самим малым углам, если их выразить в радианах // *знание факта или справочные данные – 2 балла*

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 // *расчеты – 1 балл*