ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

10 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.

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.

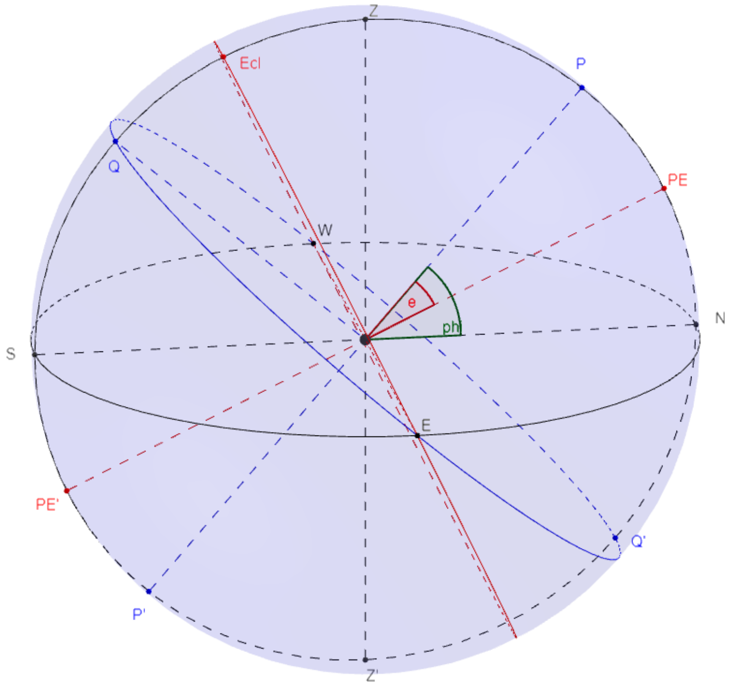
Задание 1 (8 баллов)

Определите высоту и азимут нижней кульминации северного полюса эклиптики при наблюдении из Екатеринбурга. Ответ сопроводите рисунком.

Решение

1. Построим рисунок. Высота полюса мира над горизонтом равна широте места наблюдения – это позволяет нам ориентировать горизонтальную и I экваториальную системы координат друг относительно друга. Кроме того, известно, что угол наклона плоскости экватора к плоскости эклиптики всегда равен $\varepsilon = 23°26'$, что позволяет нам ориентировать

ось мира относительно оси эклиптики



Комментарий к рисунку – используем объемный, потому что кажется, что так нагляднее. Для решения достаточно построить плоский рисунок. // *построение рисунка и верные размышления – 4 балла*

2. Нижняя кульминация происходит на меридиане, и оказавшись на меридиане между севером и северным полюсом Мира, северный полюс эклиптики находится на высоте $a = \varphi - \varepsilon = 56° - 23°26' = 32°34'$, где φ – широта Екатеринбурга // *вычисления и вывод – 2 балла*
3. Поскольку северный полюс эклиптики кульминирует над точкой севера, его азимут равен 180°, так как астрономический азимут отсчитывается от точки юга // *размышления и вывод – 2 балла*

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.

Определите расстояние от центра Сатурна до соответствующей ему стационарной орбиты (она бы называлась “кроностационарной”, вероятно).

Решение

1. В предположении круговых орбит средняя линейная скорость аппарата будет равна $V = \frac{2\pi R}{T}$ // *знание факта или использование формулы -2 балла*
2. С другой стороны, скорость обращения аппарата можно выразить следующим образом $V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ // *знание факта или использование формулы - 2 балла*
3. Приравняем обе правых части и немного преобразуем $\frac{2\pi R}{T} = \sqrt{\frac{GM}{R}} => \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R} => 4\pi^2 R^3 = GMT^2 => R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$ // *вывод формулы любым способом – 2 балла*
4. Возьмем данные для Сатурна и преобразуем их в систему СИ: T = 37800 секунд, M = $5{,}712 \cdot 10^{26}$ кг // *справочные данные или знание величин – 1 балл*
5. Получим ответ и выразим его в километрах R = 111304 километра // верные вычисления – *1 балл*

Задание 3 (8 баллов)

Синодический период Луны составляет 29,5 суток – это промежуток времени между двумя полнолуниями. Как часто случались бы полнолуния, если бы Луна вращалась вокруг Земли в противоположном направлении – по часовой стрелке?

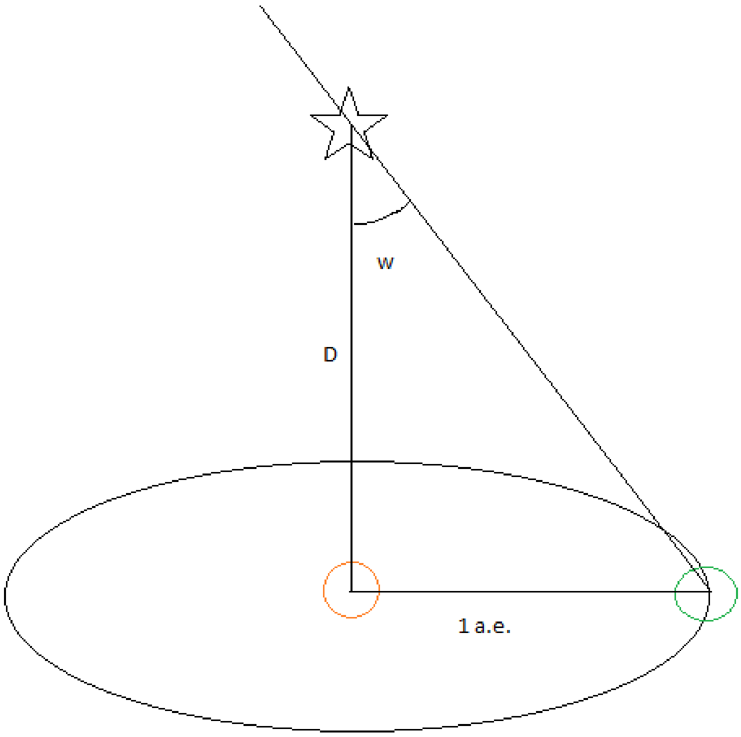
Решение

1. В случае, если Луна будет вращалась вокруг Земли по часовой стрелке, а Земля продолжала бы вращаться вокруг Солнца против часовой стрелки, то относительная скорость для определения синодического периода получалась бы сложением скоростей, а не их вычитанием. Иными словами, $W = w_1 - w_2 => \frac{360°}{S} = \frac{360°}{T_1} - \frac{360°}{T_2} => \frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$ в случае, если и Луна вращается вокруг Земли против часовой стрелки и Земля вращается вокруг Солнца против часовой стрелки. Здесь W – относительная угловая скорость. Однако у нас скорости теперь сонаправлены, это значит
$W = w_1 + w_2 => \frac{360°}{S} = \frac{360°}{T_1} + \frac{360°}{T_2} => \frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2}$ // *вывод формулы или аргументированное использование готовой – 4 балла*
2. В качестве периодов возьмем сидерический период вращения Луны $T_1 = 27{,}3$ суток и сидерический период обращения Земли вокруг Солнца (звездный год) $T_2 = 365{,}2564$ суток // *знание факта – 2 балла*
Использование какого-либо другого года (тропического, календарного) не является причиной для снижения баллов)
3. Подставляем полученные значения и вычисляем синодический период S = 25,4 суток // верные *вычисления – 2 балла*

Задание 4 (8 баллов)

Точность определения углов в современной радиоастрономии настолько высока, что можно измерять углы порядка 10^{-5} секунды дуги. До какого расстояния можно определять расстояния методом годичного параллакса, используя радиотелескопы?

1. Раз речь идет о годичном параллаксе, это значит, что с подобной точностью мы можем фиксировать параллактическое смещение. База годичного параллакса – 1 а.е. // *знание факта, рассуждения на тему – 3 балла*
2. Построим картинку



Так как углы малые, синусы и тангенсы малых углов пренебрежимы, если сами углы выражать в радианах. Стоит вспомнить, что если w = 1’’, то D по определению будет равен 1 парсек // *знание факта, использование справочных данных – 2 балла*

3. Таким образом, $\mathrm{D} = \frac{1}{w} => D = \frac{1}{10^{-5}} = 10000$ парсек $= 10$ килопарсек //*верные вычисления, перевод в килопарсеки не обязателен. Ответ допустим в любых метрических величинах*

Задание 5 (8 баллов)

В одной фантастической саге описывалась планета, которая имела значительный угол наклона экватора к своей орбите. Получалось так, что северный полярный круг был отделен от северного тропика узкой полосой в 100 километров. Если предположить, что планета имела физические характеристики как Земля, найдите угол наклона экватора планеты к плоскости ее орбиты.

Решение

1. Раз параметры планеты, похожие на земные, возьмем радиус планеты, равный R = 6371 км. Полоса умеренной зоны, шириной в 100 километров в случае сферически-симметричной планеты будет соответствовать $\frac{360}{2\pi R} = \frac{w}{100}$, где w – искомая величина //*размышления, приводящие к правильному ответу – 3 балла*
2. Найдем $\frac{360}{2\pi R} = \frac{w}{100} => w = \frac{360*100}{2\pi R} \approx 54'$. Для простоты дальнейших рассуждений возьмем, что это область шириной в 1° //*сделано ли допущение или нет – с точностью до градуса ответ приемлем – 2 балла*
3. Если данная величина – ширина умеренной зоны, значит ее северная граница совпадает с южной границей арктической зоны, а южная граница совпадает с северной границей тропической зоны.

   Южная граница арктической зоны имеет широту $\varphi_1 = 90° - \varepsilon$, где ε - угол наклона плоскости экватора к плоскости обращения планеты вокруг звезды. Аналогично, северная граница тропической зоны $\varphi_2 = \varepsilon$. Заметно, что если бы угол ε = 45°, то умеренной зоны вообще бы не существовало //*рассуждения на тему – 2 балла*
4. Но она существует. Таким образом от каждой зоны нужно забрать по $0{,}5° => \varphi_1 = 90° - 44{,}5° = 45{,}5°; \varphi_2 = 44{,}5° => \varepsilon = 44{,}5°$

   //*правильный ответ – 1 балл*

Задание 6 (8 баллов)

Две крупнейших звезды системы Альфа Центавра находятся на расстоянии 4,36 светового года. Эти две крупнейшие звезды имеют суммарную светимость вдвое превышающие светимость Солнца. Видимая звездная величина системы m = -0,27^m. Определите исходя из этих данных видимую звездную величину Солнца, окажись оно от наблюдателя на расстоянии 4,36 светового года. Вкладом третьей звезды в блеск системы Альфа Центавра пренебречь.

Решение

1. Светимость Альфа Центавры вдвое больше светимости Солнца по условию. В то же время светимость связана с освещенностью следующим соотношением $\mathrm{E} = \frac{L}{4\pi * d^2}$, где E – освещенность, L – светимость, d – расстояние, с которого осуществляется измерение освещенности (наблюдения) // *знание факта, использование формулы для рассуждений – 3 балла*
2. Поскольку мы планируем смотреть на Солнце с того же самого расстояния, получаем следующее соотношение $\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} = 2$ // *вычисления, применение правила – 3 балла*
3. Теперь применим формулу Погсона

$$\frac{E_1}{E_2} = 2{,}512^{m_2 - m_1} => 2 = 2{,}512^{m+0.27} => \log(2) = 0{,}4(m + 0{,}27)$$

$\frac{\log(2)}{0{,}4} = m + 0{,}27 => m = \frac{\log(2)}{0{,}4} - 0.27 = 0{,}48^m$ // правильные *вычисления – 2 балла*