ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

11 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.

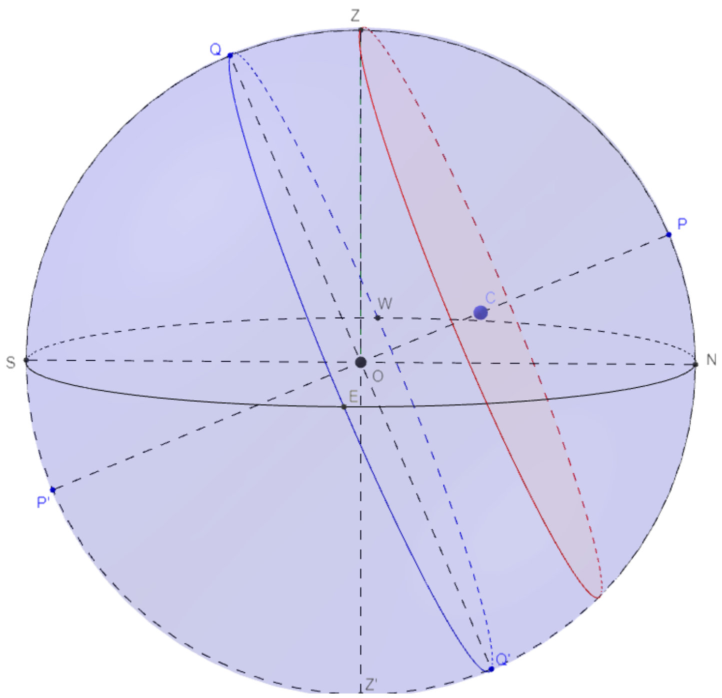
Задание 1 (8 баллов)

В какие даты Солнце может пересекать зенит или надир на тропике Рака? Решение сопроводите рисунком

Решение

1. Тропик Рака имеет широту равную 23° 26’. Этот же значение соответствует углу наклона плоскости экватора относительно плоскости эклиптики. Значение широты позволяет нам ориентировать горизонтальную систему координат с I-ой экваториальной // *размышления на тему расположения тропиков на Земле – 2 балла*

2. Построим рисунок

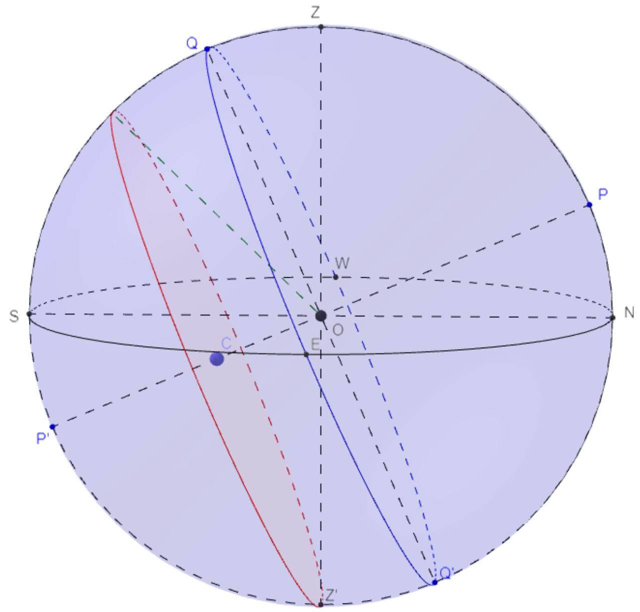


Мы предоставляем объемный рисунок, потому что кажется, что так нагляднее. Для решения задачи достаточно плоского рисунка.

Можно заметить, что, если Солнце проходит через зенит, его верхняя кульминация происходит в зените, и угол QOZ будет равен склонению Солнца в текущий день. // *размышления и рисунок – 4 балла*

3. Но также можно увидеть, что угол QOZ совпадает с углом PON, а он по определению равен широте места наблюдения. В свою очередь, широта равна углу наклона плоскости экватора к плоскости эклиптики. Это означает, что Солнце находится выше всего над экватором из всех возможных положений – день летнего солнцестояния

4. Ситуация с надиром будет аналогичная



Только склонение Солнца будет со знаком “-” и соответствующий день – день зимнего солнцестояния // *размышления и вывод – 2 балла, можно без второго рисунка*

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 Урана до соответствующей ему стационарной орбиты (она бы называлась “ураностационарной”, вероятно).

Решение

Решение

1. В предположении круговых орбит средняя линейная скорость аппарата будет равна $V = \frac{2\pi R}{T}$ // *знание факта и использование формулы – 2 балла*

2. С другой стороны, скорость обращения аппарата можно выразить следующим образом $V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ // *знание факта и 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 Урана и преобразуем их в систему СИ: Т = 62063 секунд, М = $8{,}72 \cdot 10^{25}$ кг // *справочные данные или знание фактов – 1 балл*
5. Получим ответ и выразим его в километрах R = 82804 километра // *верный ответ – 1 балл*

Задание 3 (8 баллов)

В 1985 году был разработан так называемый Дариский календарь, предназначенный для будущих колонизаторов Марса. Тропический год на Марсе равен 668,591 солов (солнечных суток на Марсе). Календарь устроен таким образом – в году 668 солов, в високосном году – на 1 сол больше. В цикле календаря – 10 лет, каждый нечетный год – високосный. Также год, чей номер без остатка делится на 10 – тоже високосный. Найдите среднюю продолжительность такого календаря, ошибку и за какой промежуток времени накопится ошибка в одни сутки.

Решение

1. Определим среднюю продолжительность календаря. 6 лет в цикле високосных, 4 – не високосных

   $t = \frac{668*4+669*6}{10} = 668{,}6$ солов // *понимание понятия средняя продолжительность и верное вычисление – 3 балла*
2. Сравним с тропическим годом и найдем ошибку за год

   $\Delta t = 668{,}6 - 668{,}591 = 0{,}009$ солов в год // *вычисление – 3 балла*
3. Найдем промежуток времени в годах, за который накопится ошибка в одним сутки

   $d = \frac{1}{\Delta t} = 111$ лет // *вычисление – 2 балла*

   Такой календарь по точности сопоставим с Юлианским календарем

Задание 4 (8 баллов)

Какая температура T_1 должна быть на поверхности Солнца (текущая T_2 = 5500 К), чтобы его видимая звездная стала равна $m_1 = -31{,}7^m$ (текущая $m_2 = -26{,}7^m$)? Радиус Солнца считать неизменным.

Решение

1. Разница звездных величин – 5^m. Это не случайно, ведь $2{,}512^5 \approx 100$. // *использование этого напрямую или в уравнениях – 2 балла*
2. Применим формулу Погсона $\frac{E_1}{E_2} = 2{,}512^5 = 100$. Поскольку расстояние до Солнца не изменится, то $\frac{E_1}{E_2} = \frac{L_1}{L_2} = 100$, где L – светимости //*переход от освещенностей к светимостям – 2 балла*

3. Светимость по закону Стефана-Больцмана расписывается следующим образом $L = 4\pi R^2 \sigma T^4 => \frac{L_1}{L_2} = \frac{4\pi R^2 \sigma {T_1}^4}{4\pi R^2 \sigma {T_2}^4} => \frac{L_1}{L_2} = \frac{{T_1}^4}{{T_2}^4}$, так как радиусы равны и константы сокращаются // *переход к температурам через закон Стефана-Больцмана – 2 балла*
4. Итак, $\frac{L_1}{L_2} = \frac{{T_1}^4}{{T_2}^4} = 100 => \frac{T_1}{T_2} = \sqrt[4]{100} = 3{,}16$. Таким образом, итоговая температура должна быть равна Т $= 3{,}16 * 5500 \approx 17400$ К //*получено численное значение с точностью до 100 К – 2 балла*

Задание 5 (8 баллов)

Как известно, ускорение свободного падения складывается из двух компонент – гравитационного ускорения и центростремительного ускорения. Исходя из этого факта, определите величину ускорения свободного падения на экваторе Юпитера.

Решение.

1. Найдем гравитационное ускорение
   $\mathrm{F} = ma = \frac{GMm}{r^2} => a = \frac{GM}{r^2}$ / /*вывод формулы или ее использование – 2 балла*
2. Подставим значения для Юпитера из справочных данных, переведем сразу в СИ и получим $a = \frac{6{,}67*10^{-11}*1{,}89*10^{27}}{(7{,}1492*10^{7})^2} = 24{,}66\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ //*вычисление с точностью до единиц – 2 балла*
3. Найдем центростремительное ускорение
   $A = w^2 * r => A = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 * r$, где Т – период обращения планеты
   $A = \left(\frac{2\pi}{35730}\right)^2 * 7{,}1492 * 10^7 = 2{,}21\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ //*применение формулы – 3 балла*

4. Так как дело происходит на экваторе, находим ускорение свободного падения простым сложением векторов

   $g = a - A = 24{,}66 - 2{,}21 = 22{,}45\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ *//итоговый расчет –1балла*

Задание 6 (8 баллов)

Абсолютная звездная величина объектов Солнечной системы (обычно обозначается H) определяется следующим образом:

- Тело должно находиться на расстоянии 1 а.е. от Солнца
- Тело должно находиться на расстоянии 1 а.е. от наблюдателя
- Наблюдаемая фаза должна быть полной (равной единице)

Фактически, это означает, что наблюдатель смотрит на объект, “сидя” в центре Солнца. Если взять два астероида, имеющих одинаковую отражающую способность и отличающихся только размерами (радиус одного в пять раз больше радиуса другого), то как будут отличаться их абсолютные величины?

Решение

1. Учитывая, что расстояние довольно большое, все астероиды можно считать точечными объектами, а отражающие поверхности моделировать в виде дисков. Тогда становится понятно, что при одинаковых альбедо освещенность, создаваемая астероидами, будет пропорциональна площади отражающего диска // *рассуждения, приводящие к идее о дисках – 3 балла*
2. В силу одинаковости расстояния, одинаковости потоков, упавших на поверхность объектов, площади дисков становятся единственным изменяемым параметром, влияющим на создаваемую освещенность, а значит на звездную величину // *понимание связи звездной величины и*

площади диска – 2 балла (вместе с предыдущим абзацем может быть представлено одной мыслью – в таком случае – 5 баллов)

3. Тогда применим формулу Погсона $\frac{E_1}{E_2} = 2{,}512^{m_2 - m_1} = \frac{S_1}{S_2}$

   Необходимо учесть, что сами площади дисков пропорциональны радиусу в квадрате, таким образом $\frac{S_1}{S_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2} = 5^2 = 25$ //*использование формулы Погсона – 2 балла*

4. Подставим $\frac{E_1}{E_2} = 2{,}512^{m_2 - m_1} = \frac{S_1}{S_2} = 25 \Rightarrow 25 = 2{,}512^{\Delta m} \Rightarrow \log(25) = 0{,}4\Delta m \Rightarrow \Delta m = \frac{\log(25)}{0{,}4} = 3{,}5^m$ // *правильный ответ – 1 балл*