

## Всероссийская олимпиада по астрономии

2022/2023 учебный год

Муниципальный этап

11 класс.

*Краткие ответы. Каждая задача оценивается в 8 баллов.*

1. Ближайшее теневое лунное затмение произойдёт 28 октября 2023 года и будет частным. Оно будет видно на территории Татарстана. Будет ли оно наблюдаться на Северном Полюсе Земли?

*РЕШЕНИЕ:* Лунное затмение (в отличие от солнечного) видно всюду, где в момент его наступления Луна находится над горизонтом (2 балла за тезис про одновременность). Учтя, что 28 октября Солнце находится в Южном полушарии Земли, склонение его отрицательно. Поэтому склонение Луны в фазе полнолуния (т.е. находящейся для наблюдателя на Земле в протоположной Солнцу точке) положительно (2 балла за тезис про противоположность и положительность склонения). Это означает, что Луна на Северном полюсе Земли не заходит (2 балла). Поэтому затмение будет там наблюдаться (2 балла за верный вывод). Тем более, что в это время на полюсе полярная ночь.

*Примечание.* Вариант ответа в стиле «затмение будет видно, потому что на полюсе полярная ночь» без аргументов про склонение светил не может быть оценён выше, чем в 1 балл.

2. 22 июня два школьника, находящиеся в различных точках Земли, одновременно наблюдают Солнце в верхней кульминации, в обоих случаях на высоте  $80^\circ$  над горизонтом. Определите расстояние между наблюдателями и их широты.

*РЕШЕНИЕ:* Очевидно, что, в силу одновременной кульминации светила, наблюдатели находятся на одном меридиане и расстояние между ними – это расстояние по меридиану (1 балл). Также очевидно, что такое возможно только когда Солнце для одного наблюдателя кульминирует к северу, а для другого – к югу от зенита. Тогда разность широт наблюдателей составляет  $20^\circ$  (1 балл). Считая Землю шаром с радиусом 6400 км, находим из пропорции

$20/360 = x/(2\pi \cdot 6400)$   $x = 2233 \approx 2.2 \cdot 10^3$  км – таково расстояние между наблюдателями (2 балла).

Широты найдём из высот верхней кульминации к югу ( $h = 90 - \varphi + \varepsilon$ ) и к северу ( $h = 90 + \varphi - \delta$ ) от зенита (по 1 баллу за каждую из формул, всего 2 балла), подставив туда склонение Солнца в день летнего солнцестояния ( $\delta = \varepsilon = 23^\circ 26'$ ) (1 балл). Окончательно получим  $\varphi_1 = 90 + 23^\circ 26' - 80 = 33^\circ 26'$  в первом случае и  $\varphi_2 = 80 - 90 + 23^\circ 26' = 13^\circ 26'$  во втором (по 1 баллу за каждое верно вычисленное значение широты, всего 2 балла).

3. Вы видите фотографию Луны и солнечной радуги. Радуга (наиболее часто наблюдаемая её разновидность) имеет форму круга радиусом  $42^\circ$  с центром в антисолярной (т.е. диаметрально противоположной положению Солнца) точке.

Скажите, в какое примерно время можно снять подобный кадр или это фотомонтаж (и если так, то почему)?

*РЕШЕНИЕ:* Это фотомонтаж. Кадр с подобным расположением Луны и радуги получить можно в предвечерние часы, но при этом фаза Луны будет иная. На коллаже Луна почти полная,

–

тогда как, находясь на фоне радуги, она удалена от антисолярной точки (т.е. от точки полнолуния) примерно на  $42^\circ$  (4 балла). На таком угловом удалении от точки полнолуния Луна находится примерно за 3.5 дня до него. В это время её фаза заметно отличается от показанной на кадре – Луна будет «ущербна» слева (4 балла).

Примечание: 8 баллов ставится за любую верную аргументацию, поясняющую, что снимок смонтирован. При этом, если говорится, что радуга видна днём, а Луна (без указания фазы!) – ночью, то задача оценивается в 0 баллов. Если же при этом упоминается, что именно **полная** Луна не может наблюдаться днём, а солнечная радуга ночью – то задача может быть оценена в 8 баллов.

Если же утверждается, что кадр выполнен без монтажа и приводится время съёмки – за несколько часов до захода Солнца, то задача может быть оценена до 3 баллов.

4. На какую величину годичный параллакс ближайшей к Земле звезды – Проксимы Центавра – измеренный с помощью наблюдений на космической базе, размещённой на Марсе, может отличаться от максимального отклонения этой звезды от её средних (т.е. измеренных относительно наблюдателя в центре масс Солнечной системы) координат?

**РЕШЕНИЕ:** Поскольку среднее расстояние от Солнца до Марса в 1.52 раз больше, чем от Солнца до Земли, то параллактическое смещение будет так же в 1.52 раза больше (2 балла за описание или пропорцию). Поэтому параллакс Проксимы Центавра будет равен  $0.77 \cdot 1.52 = 1.17''$  (2 балла вычисления и верный ответ). Но это значение параллакса, полученное из его определения. Фактическое максимальное отклонение звезды от средних координат будет определяться не большой полуосью, а афелийным расстоянием Марса (2 балла), которое больше в  $(1+e)$ , т.е. в 1.09 раза. Поэтому максимальное отклонение составит  $1.28''$  (2 балла).

Примечание: вычисления возможны без нахождения параллакса, напрямую используя величину афелийного расстояния. В этом случае, при верных расчётах и аргументации, решение оценивается в 8 баллов. Если же в решении фигурирует параллакс и игнорируется афелийное расстояние (тогда ответ составит  $1.17''$ ), то задача не может быть оценена выше, чем на 4 балла.

5. Есть геостационарные спутники Земли, неподвижно висящие над одной точкой экватора планеты, а можно ли запустить подобный «марсостационарный» спутник, обращающийся вокруг Марса? Если нет, то почему, если да, то на какую высоту его следует выводить?

**РЕШЕНИЕ:** Ситуация полностью аналогична земной, никаких теоретических проблем с выводом такого спутника нет (1 балл).

Период обращения такого спутника равен звёздному периоду очевого вращения Марса  $24.66^h = 88776$  секунд (2 балла).

Для вычисления высоты можно использовать 3-й обобщённый закон Кеплера (иные подходы приведут к тому же результату, но более длинным путём, хотя так же их следует оценивать в максимальный балл при верной логике и вычислениях).

В любом случае, итоговая формула будет выглядеть как  $R+h = (GT^2 M_p / 4\pi^2)^{1/3}$  (3 балла за формулу)

Подставляя справочные данные, получим

$R+h = (6.67 \cdot 10^{-11} (88776)^2 \cdot 6 \cdot 10^{23} / 39.48)^{1/3} = (7.989 \cdot 10^{21})^{1/3} \approx 2 \cdot 10^7 \text{ м} = 20000 \text{ км}$  и высота над поверхностью Марса составит  $h = 16600 \text{ км}$  (2 балла вычисления).

6. Что ярче - Полная Луна для наблюдателя на Земле или Солнце для наблюдателя на Плуtone?

*РЕШЕНИЕ: Отношение освещённостей определяется соотношением Погсона  $E_1/E_2=2.512^{\Delta m}$  (2 балла формула). При этом освещённость убывает по закону обратных квадратов  $E_1/E_2=(R_2/R_1)^2$  (2 балла формула).*

*После их объединения и логарифмирования получим  $\Delta m=5\lg((R_2/R_1)$ , а подстановка численных значений даст  $\Delta m=8^m$  и видимый блеск Солнца  $-26.7+8=-18.7^m$  (2 балла), т.е. Солнце будет всё ещё примерно в 100 раз ярче полной Луны для наблюдателя на Земле (2 балла вывод).*

*Примечание: вполне вероятно решение задачи без записи соотношения Погсона и законов обратных квадратов по отдельности.*

*Аналогично, формула  $\Delta m=5\lg((R_2/R_1)$  может быть использована без доказательства; при этом её верная запись и интерпретация оценивается в 4 балла.*

*В любом случае, получение верной итоговой формулы для сравнения блеска светил оценивается в 4 балла, ещё 2 балла даётся за верные вычисления и 2 финальных балла – за вывод.*