

Всероссийская олимпиада по астрономии

2022/2023 учебный год

Муниципальный этап

10 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). Учитывая, 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° 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° (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° 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° (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. Чему будет равен годичный параллакс ближайшей к Земле звезды – Проксимы Центавра – измеренный с помощью наблюдений на космической базе, размещённой на Марсе?

РЕШЕНИЕ: Поскольку среднее расстояние от Солнца до Марса в 1.52 раз больше, чем от Солнца до Земли (а плоскость орбиты Марса близка к плоскости эклиптики), то параллактическое смещение будет так же в 1.52 раз больше (4 балла за описание или пропорцию). Поэтому параллакс Проксимы Центавра будет равен $0.77 \cdot 1.52 = 1.17''$ (4 балла вычисления и верный ответ).

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

$$R+h = (GT^2M_p/4\pi^2)^{1/3} \quad (3 \text{ балла за формулу})$$

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 $h = 16600$ км (2 балла вычисления).

6. С какого максимального расстояния Солнце ещё будет видно невооружённым глазом?

РЕШЕНИЕ: Отношение освещённостей определяется соотношением Погсона $E_1/E_2 = 2.512^{4m}$

(2 балла формула). Подставив численные значения, получим, что Солнце ярче предельно наблюдаемой невооружённым глазом звезды в $E_1/E_2 = 2.512^{32.7} = 12 \cdot 10^{12}$ раз (2 балла вычисления). По закону обратных квадратов это соответствует отдалению в $3.5 \cdot 10^6$

раз дальше нынешнего расстояния в 1 а.е. (2 балла закон обратных квадратов и 2 балла верные вычисления).

Строго говоря, требуется ещё убедиться, что с такого расстояния Солнце будет звездоподобным (точечным) объектом. Поскольку, в противном случае, видимость определяется не интегральной, а поверхностной яркостью (в качестве примера – галактика туманность Андромеды видна на пределе невооружённым глазом, хотя её интегральная яркость около 3^m и далека от предельной). Угловой размер Солнца около $32'$, т.е. для глаза Солнце будет точкой уже при удалении в 32 а.е. (т.е. примерно на орбите Нептуна), а с расстояния в 3.5 млн а.е. – и подавно. Аналогичный вывод можно получить без вычислений вовсе – поскольку поверхностная яркость не меняется от расстояния, а видимость протяжённого объекта определяет именно она, то, раз Солнце видно сейчас, то оно будет видно на любом расстоянии, пока не станет точкой. Стало быть, когда интегральная величина станет предельной, условие точечности будет уже заведомо выполняться. Поскольку эти рассуждения сложны для участников муниципального этапа, они (или их отсутствие) не оцениваются.