

# Всероссийская олимпиада по астрономии

2022/2023 учебный год

Муниципальный этап

7-8 класс

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

1. Для какого из созвездий – Скорпион или Лев – в августе в Казани наступают лучшие условия для наблюдений и почему?

*РЕШЕНИЕ: Оба эти созвездия видны на широте Казани (1 балл). В августе Солнце находится в созвездиях Рака и Льва, таким образом, эти (и прилегающие) созвездия наблюдать невозможно (2 балла). Созвездие же Скорпиона Солнце проходит в конце осени (2 балла) (в даты примерно с 22 по 30 ноября). Таким образом, в июле созвездие вполне можно наблюдать и условия наблюдения этого созвездия намного лучше, чем для созвездия Льва, которые не видны вовсе (3 балла верный вывод на основе дат нахождения Солнца в созвездии – не обязательно точных, допускается отклонение до 15-30 дней, не влияющее на окончательный ответ).*

*Примечание. Учащийся может не знать точные даты нахождения Солнца в том или ином созвездии, важно, чтобы он представлял, что Льва Солнце проходит в конце лета-начале осени, а Скорпиона – в конце осени или начале зимы. При этом, если не нарушена логика рассуждения и сделаны верные выводы, задача оценивается в 8 баллов,*

2. Наблюдатель сместился из Казани в Краснодар. Как изменится при этом высота верхней кульминации Полярной звезды?

*РЕШЕНИЕ: Высота Полярной в одноимённых кульминациях (а именно эта ситуация будет иметь место для Полярной) изменится на разность широт городов. Это  $55^{\circ}47' - 45^{\circ}02' = 10^{\circ}45'$  (4 балла). При этом высота Полярной в верхнюю кульминацию уменьшится, поскольку Краснодар находится южнее (4 балла).*

*Примечание: задача может быть решена «в лоб» подстановкой широт в формулу для верхней кульминации. При использовании верной формулы (ВК к северу от зенита) и верных вычислениях задача оценивается в 8 баллов. При использовании формулы для ВК к югу от зенита, несмотря на верный численный ответ, задача не может быть оценена выше, чем в 4 балла.*

3. Могут ли обитатели базы на Меркурии в будущем наблюдать метеорные потоки, аналогичные тем, что мы наблюдаем на Земле?

*РЕШЕНИЕ: Поскольку, на Меркурии нет атмосферы, то наблюдения метеоров невозможны (8 баллов).*

4. Годичный параллакс ближайшей к земле звезды – Проксимы в системе  $\alpha$  Центавра – равен 0.77". Чему он будет равен при измерениях 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. В какой день года экватор Земли получает максимальное количество солнечной энергии? (считаем погоду безоблачной)?

*РЕШЕНИЕ:* Количество энергии, приходящейся на единицу площади за единицу времени, зависит от угла падения лучей и максимально при нахождении светила в зените (3 балла). На экваторе максимальная полуденная высота Солнца – верхняя кульминация в зените – достигается в дни равноденствий (3 балла). Это 21 марта и 23 сентября (2 балла даты). Таким образом, в эти дни экватор Земли получит больше всего энергии.

*Примечание:* Поскольку 7 кл слабо владеет физической терминологией, то первые 3 балла могут быть получены за формулировку наподобии «чем выше Солнце, тем больше энергии получит земля» и т.п.

*Даты равноденствий могут быть указаны со смещением на 1-2 дня, это не является ошибкой и оценивается в полный бал. Без указания дат вообще задача оценивается не выше, чем в 6 баллов.*

6. Можно ли на Луне наблюдать полные солнечные затмения? С какими явлениями для земного наблюдателя они будут соотноситься?

*РЕШЕНИЕ:* Для наступления полного солнечного затмения на Луне точка лунной поверхности должна полностью погрузиться в земную тень, т.е. диск Солнца должен быть закрыт Землёй (4 балла). Это вполне может происходить – в качестве аргумента можно привести то, как Луна погружается в тень Земли во время лунного затмения. В это время наблюдатель на Земле наблюдает лунное затмение (4 балла).

**Всероссийская олимпиада по астрономии**

**2022/2023 учебный год**

**Муниципальный этап**

**9 класс**

*Краткие решения. 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. Наблюдатель сместился из Казани в Краснодар. Как изменится при этом высота верхней кульминации Капеллы?

*РЕШЕНИЕ:* Поскольку склонение Капеллы в условии не дано, численно задача не решается. Формально возможны четыре случая.

А) В Казани ВК происходит к северу, в Краснодаре - к югу от зенита.

Если при этом использовать очевидный факт, что Краснодар находится южнее Казани и имеет меньшую широту, то стане понятно, что такой вариант невозможен.

Б) В Казани ВК происходит к югу, в Краснодаре - к северу от зенита

В) И в Казани, и в Краснодаре ВК происходит к северу от зенита

Г) И в Казани, и в Краснодаре ВК происходит к югу от зенита.

(3 балла указание на то, что от азимута ВК зависит решение и перечисление **всех** возможных комбинаций. Если комбинация (А) приводится, но не исключается из дальнейших рассуждений, то этап оценивается в 2 балла, равно как и при отсутствии любой возможной комбинации без аргументации её исключения).

В любом случае, для решения потребуется знание формул высот ВК по обе стороны от зенита.

Для ВК к югу от  $Z$   $h_{ВКС}=90-\varphi+\delta$  (1 балл)

Для ВК к северу от  $Z$   $h_{ВКН}=90+\varphi-\delta$  (1 балл)

Далее решение сводится просто к перебору комбинаций Б,В,Г:

Случай (Б):  $\Delta h=(90+\varphi_2-\delta)-(90-\varphi_1+\delta)=\varphi_1+\varphi_2-2\delta$  (в действительности реализуется именно он, но из условия понять это невозможно);

Случай (В):  $\Delta h=\Delta\varphi$  (уменьшение широты приведёт к уменьшению  $h_{ВК}$ );

Случай (Г):  $\Delta h=-\Delta\varphi$  (знак «-» указывает, что при уменьшении широты высота увеличится).

Описание решения в каждом случае оценивается в 1 балл, т.е. 3 балла за этап задачи.

По сути, приведение указанных четырёх формул с описанием, когда они применимы - это и есть ответ.

Примечание: если в итоговом ответе фигурирует случай (А), задача оценивается не выше, чем на 7 баллов.

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. 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. На каких широтах на Марсе Солнце может наблюдаться в зените?

*РЕШЕНИЕ:* Полностью аналогично построениям на небесной сфере для земного наблюдателя, на Марсе в зените будут наблюдаться светила со склонением, равным астрономической широте  $\delta = \varphi$  (3 балла). Поскольку склонение Солнца не может превышать наклонение экватора к орбитальной плоскости, максимально возможное склонение Солнца на Марсе  $\delta = 25^\circ 12'$  (3 балла). Поэтому Солнце будет кульминировать в зените в диапазоне широт  $25^\circ 12' \text{ ю.ш.} < \varphi < 25^\circ 12' \text{ с.ш.}$  (2 балла верный вывод и рассуждения про диапазон широт).

*Остаётся дополнить, что  $\pm 25^\circ 12'$  это широты тропиков на Марсе.*

*Примечание:* при указании одной лишь широты  $25^\circ 12'$  задача не может быть оценена выше, чем на 3 балла, при указании диапазона от 0 до  $25^\circ 12'$  (случай одного полушария) – не более, чем на 6 баллов.

6. Сколько Лун требуется, чтобы освещать Землю так же ярко, как и Солнце?

*РЕШЕНИЕ:* Отношение освещённостей определяется соотношением Погсона  $E_1/E_2 = 2.512^{4m}$  (4 балла формула). Подставив численные значения, получим  $E_1/E_2 = 2.512^{14}$ ; Т.е. Солнце ярче полной Луны в  $E_1/E_2 = 398359 \approx 4 \cdot 10^5$  раз (4 балла вычисления).

## 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). 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, наодясь 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. 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.*

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

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

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  $h = 16600 \text{ км}$  (2 балла вычисления).

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

*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.