

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
Бланк заданий *Муниципальный этап, 2023*

**Всероссийская олимпиада школьников**

**по АСТРОНОМИИ**

**Муниципальный этап**

**10 класс**

**Время выполнения работы – 120 мин.**

Максимальное количество баллов – 48.

***КРАТКИЕ РЕШЕНИЯ***

**Задача 1.**

Находясь в средних широтах и наблюдая в сентябре Меркурий низко над горизонтом, незадолго до захода планеты, ученик заметил, что в это же время в другой стороне горизонта взошла Луна. В какой примерно фазе находилась Луна?

*Решение.*

*У Меркурия присутствует или утренняя, или вечерняя видимость (2 балла), при этом он не отдаляется от Солнца далее, чем на  $28^\circ$  и наблюдается через несколько десятков минут после захода (или до восхода) Солнца. Поскольку Меркурий был «низко над горизонтом незадолго до захода планеты», это однозначно вечерняя видимость, вскоре после захода Солнца (2 балла), не более чем через час после него. Восходящая в это время Луна должна быть почти полная (2 балла), через 1-2 дня после полнолуния (2 балла). Условие про средние широты «страхует» от маловероятного, но возможного варианта, когда Меркурий, обладая заметно большим склонением, чем Солнце, является в высоких широтах незаходящим (или почти незаходящим) светилом и виден длительное время после захода Солнца или перед его восходом.*

*Примечание. Ответ «полнолуние» с указанием всей приведённой выше аргументации не может быть оценен выше, чем в 6 баллов.*

**Задача 2.**

Рисунок 1. Снимок  
частного лунного затмения  
28 октября 2023 года



В описании лунного затмения, произошедшего 28 октября 2023 года, на одном из интернет-сайтов было сказано: «...28 октября произойдет частное лунное затмение. Наблюдать его можно будет примерно в 22 часа, в Северном полушарии оно будет достаточно хорошо видно. Его длительность практически полтора часа. Луна в это время приобретет красноватый оттенок, так как ее частично закроет земная полутень».

На рисунке 1 приведен снимок максимальной фазы этого затмения. Исходя из него и того, что вы знаете про это явление, прокомментируйте, нет ли в описании неточностей.

*Решение.*

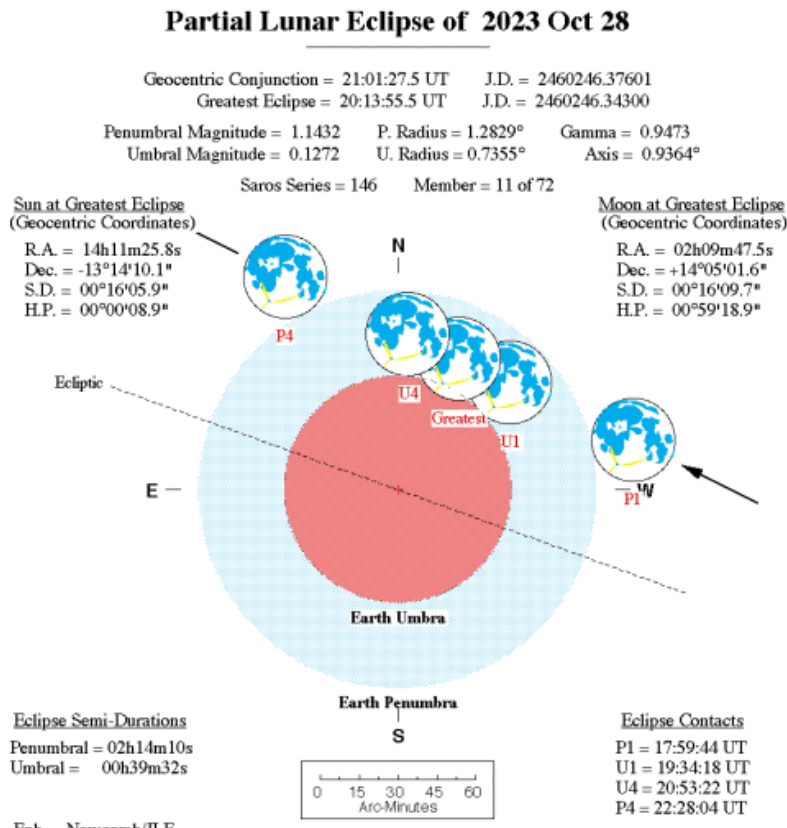
*В описании есть несколько неточностей.*

1. Луна во время частных фаз затмения, тем более, как видно из фотографии, весьма малых (28 октября она составляла около 0.13), практически не меняет цвет и остаётся бело-жёлтой, потемневшая часть – тёмно-серая, почти чёрная (**2 балла**). При этом можно отметить, что наблюдая затмение фотографически, красноватый оттенок затмившейся части Луны всё же может быть обнаружен.

2. Красноватый оттенок во время затмения Луна приобретает не из-за того, что её закрывает тень или полутень Земли, а из-за того, что Луну освещают только преломлённые земной атмосферой и прошедшие через неё (и оттого красные) солнечные лучи (**3 балла**).

3. Во время частных теневых фаз затмения Луна уже полностью погрузилась в земную полутень, а частично – в тень нашей планеты (**3 балла**).

Для понимания геометрии прошедшего затмения приводим его схему.



## ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2023

### Задача 3.

Наблюдая Солнце на одной из землеподобных планет, освоенных в будущем, ученик заметил, что в самый длинный день года Солнце (т.е. материнская звезда) освещает дно самого глубокого колодца, а в дату зимнего солнцестояния на 24 часа наступает полярная ночь. Определите, на какой угол наклонена плоскость экватора планеты к её орбите.

*Решение.*

*В случае, когда «в самый длинный день года их солнце освещает дно самого глубокого колодца» речь идёт про то, что в день летнего солнцестояния полуденная высота светила равна  $90^\circ$  (2 балла).*

*В случае, когда в зимнее солнцестояние на 24 часа наступает полярная ночь, можно считать, что полуденная высота светила около  $0^\circ$  (2 балла). Учтя, что изменение высоты светила составляет  $\Delta h = 2\varepsilon$  (это следует из формулы верхней кульминации  $h = 90 - \varphi + \delta$ , в первом случае  $\delta = \varepsilon$ , во втором  $\delta = -\varepsilon$ ), моментально получим  $\Delta h = 90^\circ$  и  $\varepsilon = 45^\circ$  (4 балла).*

*Примечание. Внимательные участники могут увидеть в задаче отсыл к истории про определение радиуса Земли Эратосфеном.*

### Задача 4.

Принимая орбиту Земли круговой, рассчитайте, удержит ли нашу планету Солнце, если его масса внезапно уменьшится в 2 раза.

*Решение.*

*При движении по круговой орбите скорость тела равна второй космической  $V = \sqrt{GM/a}$  (2 балла).*

*При этом массой Земли можно пренебречь, поэтому уменьшение массы Солнца в 2 раза приведёт к уменьшению полной массы системы в 2 раза и первая космическая станет равна*

$$V_1 = \sqrt{GM/2a} \text{ (2 балла).}$$

*Для этой системы значение круговой скорости Земли «до изменения массы» будет  $V = \sqrt{2} * V_1 = V_2$ , т.е. второй космической, или параболической скоростью. Поэтому удержать Землю на замкнутой орбите Солнце не сможет. (4 балла за итоговые верные рассуждения и аргументированный верный ответ).*

## ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2023

### Задача 5.

В Солнечной системе запущен спутник с небольшим стабильным источником излучения (лампочкой), видимым издали. Плоскость орбиты спутника совпадает с эклиптической, её эксцентриситет  $e=(9/22)$ , большая полуось  $a=2$  а.е. Вычислите, на сколько звёздных величин может меняться видимый блеск этого источника света при наблюдении с Земли в противостояние (т.е. разницу между максимальным и минимальным блеском лампочки в противостояния). Ответ сопроводите рисунком.

*Решение.*

Прежде всего, требуется указать, что изменение яркости лампочки происходит из-за изменения расстояния до неё (по условию источник света стабилен), а изменение расстояния «Спутник-Земля» в противостояние меняется из-за разного расстояния от спутника до Солнца (аналог с великими противостояниями Марса) (1 балл). При этом удаление спутника от Земли равно его расстоянию до Солнца, уменьшенному на 1 а.е. (этот вывод + верный рисунок с конфигурацией оценивается в 2 балла)

В указанном случае перигелийное расстояние спутника  $q=a(1-e)$ ,

расстояние от него до Земли в противостоянии, выраженное в а.е.  $r_1=q-1$  (1 балл),

афелийное расстояние спутника  $Q=a(1+e)$ ,

расстояние от него до Земли в противостоянии, выраженное в а.е.  $r_2=Q-1$  (1 балл).

Подставив численные значения, получим, что  $r_2/r_1=10$  (1 балл).

Изменение расстояния в 10 раз даст изменение видимой яркости в 100 раз, или на  $5^m$  (2 балла).

### Задача 6.

Сверхгигант Бетельгейзе (ярчайшая звезда созвездия Орион) наблюдается практически в направлении на антицентр нашей Галактики и имеет видимый блеск  $+1^m$ . Когда Бетельгейзе взорвётся как сверхновая, её абсолютный блеск станет равным  $-19^m$ . Будет ли она (в момент вспышки) видна невооружённым глазом космонавтам будущего, оказавшимся в галактике Туманность Андромеды (M31)?

*Решение.*

Поскольку видимая и абсолютная зв. величины связаны соотношением  $M=m+5-5\lg r$ . С расстояния в 800 пк видимая яркость Бетельгейзе составит  $m=-19-5+5*\lg(800)=5.5^m$ .

Можно рассуждать иначе.

M31 дальше чем стандартное для определения абсолютной звёздной величины расстояние (10пк) в  $800000/10=80000$  раз, то звезда с такого расстояния будет наблюдаться в  $(80000)^2=64*10^8$  раз слабее. Это примерно  $4.5+5+5+5+5=24.5$  на величины слабее её абсолютного блеска, или  $-19+24.5=5.5^m$ . Это чуть ярче, чем предельная для невооружённого глаза предельная величина, так что увидит вспышку Бетельгейзе можно даже из соседней галактики!

Если ученик ещё не знаком с решением логарифмических уравнений, то прийти к такому выводу можно или решая (например, подбором) соотношение Погсона, или примерно определив разность блеска (как в решении выше), или же, исходя из обратного. Для

## ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2023

выполнения условия видимости «на пределе» звезда должна стать ярче в  $10^{10}$  раз, т.е. удалиться в  $10^5$  раз относительно расстояния в 10пк. Поскольку М31 ближе, то вспышка будет видна невооружённым глазом.

**Оценка задачи в 8 баллов даётся за любое верное аргументированное решение.**

### Справочные данные:

1а.е.= $1.496 \cdot 10^8$  км; 1пк=206265 а.е.

Масса Солнца  $2 \cdot 10^{30}$  кг, масса Земли  $6 \cdot 10^{24}$  кг, масса Марса  $6 \cdot 10^{23}$  кг, масса Луны  $7 \cdot 10^{22}$  кг.

Расстояние до Бетельгейзе 170 пк, расстояние до галактики М31 800кпк.