

# ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий *Муниципальный этап, 2023*

## Всероссийская олимпиада школьников

### по АСТРОНОМИИ

#### Муниципальный этап

11 класс

Время выполнения работы – 180 мин.

Максимальное количество баллов – 48.

#### ***КРАТКИЕ РЕШЕНИЯ***

### Задача 1.

Две землеподобные экзопланеты имеют совершенно идентичные с земными физические параметры. Солнечные сутки на них равны, как и на Земле, 24 часам, а звёздный год составляет 365.256 средних солнечных суток. Массы планет так же равны между собой и равны массе Земли. Обе планеты обращаются вокруг материнской звезды против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса их эклиптики. Но одна из планет вращается вокруг своей оси в том же направлении, что и вокруг материнской звезды, а другая – в противоположном.

Обитатели каждой из таких планет запустили планетостационарный спутник (по аналогии с земным геостационарным). Будут ли отличаться орбиты этих спутников с точки зрения параметров и геометрии (направления) обращения спутника вокруг планеты?

#### *Решение.*

*Поскольку у двух планет в задаче направление осевого вращения относительно орбитального отличается, то, в первом случае (совпадение направлений вращения) в году будет 366.256 звёздных суток (как и на Земле – на одни больше, чем солнечных), а во втором (противоположные направления вращения) – на одни меньше, т.е. 364.256 (2 балла). При этом продолжительность звёздного (сидерического) года одинакова, поэтому в первом случае звёздные сутки будут примерно на  $2/365$  короче, чем во втором (2 балла). Поэтому в первом случае период планетостационарного спутника будет на 0.13 часа меньше, чем во втором, соответственно, и орбита – чуть ниже (2 балла). Очевидно так же, что направление обращения спутника будет отличаться, поскольку в обоих случаях спутник должен быть запущен в ту же сторону, что вращается планета (2 балла).*

*Примечание. В случае указания, что отличаться будут только направления обращения спутника, задача не может быть оценена выше, чем на 2 балла.*

**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.*

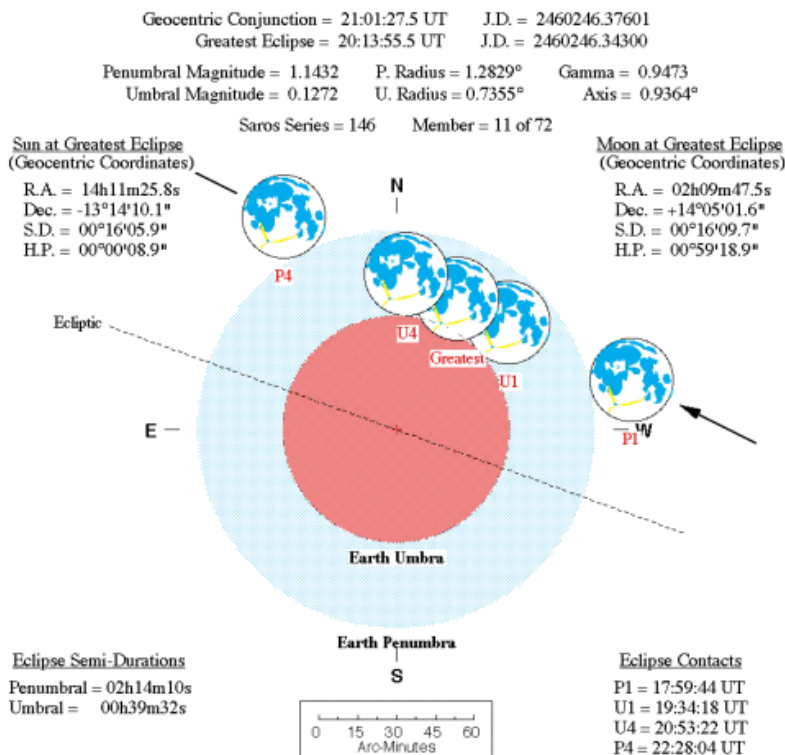
1. Луна во время частных фаз затмения, тем более, как видно из фотографии, весьма малых (28 октября она составляла около 0.13), практически не меняет цвет и остаётся бело-жёлтой, потемневшая часть – тёмно-серая, почти чёрная (**2 балла**). При этом можно отметить, что наблюдая затмение фотографически,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

**Partial Lunar Eclipse of 2023 Oct 28**



## 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.

Рассчитайте, удержит ли нашу планету Солнце, если его масса внезапно уменьшится в 2 раза.

*Решение.*

*Поскольку орбита Земли - эллипс, расстояние до центра масс и скорость планеты будут изменяться. Следует рассмотреть два крайних случая – Земля в перигелии и в афелии.*

*Перигелийное расстояние  $q = a(1-e)$ ,  $q = 1.496 \cdot 10^8 \cdot 0.983 = 1.471 \cdot 10^8$  км, афелийное  $Q = a(1+e)$ ,  $Q = 1.496 \cdot 10^8 \cdot 1.017 = 1.521 \cdot 10^8$  км. (2 балла)*

*Первая космическая скорость планеты  $V_1 = \sqrt{GM/a}$ , по данным задачи получим  $V_1 = 29.86$  км/с (1 балл)*

*При этом фактическая скорость в перигелии  $V_n = V_1 \cdot \sqrt{(1+e)/(1-e)}$ , в афелии  $V_a = V_1 \cdot \sqrt{(1-e)/(1+e)}$ . Численно это составит  $V_n = 30.37$  км/с и  $V_a = 29.36$  км/с (1 балл)*

*Первая космическая скорость для перигелийного и афелийного расстояний  $V_{1n} = 30.11$  км/с и  $V_{1a} = 29.62$  км/с. Они же будут скоростями убегания после уменьшения массы Солнца вдвое (подробнее этот пункт - см. решение для 9 класса) (1 балл) Теперь сравним скорости. В перигелии фактическая скорость 30.37 км/с, а после уменьшения массы параболическая составит 30.11 км/с, т.е. Земля удалится на бесконечность.*

*В афелии фактическая скорость 29.36 км/с, а после уменьшения массы параболическая 29.62 км/с, т.е. Земля останется на очень вытянутой, но всё же эллиптической орбите.*

*Таким образом, ответ будет зависеть от того, в какой точке орбиты Земли произойдёт катаклизм. Если вблизи перигелия – Земля уйдёт на бесконечность, если вблизи афелия – останется на замкнутой (3 балла сравнение скоростей и вывод).*

*Примечание. При рассмотрении случая круговой орбиты (по аналогии с задачами для 7-10 класса) и получении (так же по аналогии с 9-10 кл) ответа, что скорость в этом случае станет второй космической и планета улетит на бесконечность, задача не может быть оценена выше, чем в 2 балла.*

## 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 противостоянии). 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 окрестности центра Галактики?

*Решение.*

Для космонавтов в центре Млечного Пути Бетельгейзе будет находиться в плоскости галактического экватора, практически в направлении на антицентр. Поглощение света газопылевыми облаками в этом направлении составляет в оптическом диапазоне 30-40<sup>m</sup> на 8 кпк, поэтому даже вспышку сверхновой увидеть не удастся. Вот такой парадоксальный ответ, если сравнить с решением для 9-10 класса. Из окрестности Туманности Андромеды сверхновую будет видно, а из центра нашей галактики – нет.

**8 баллов** даётся за любые верные рассуждения про поглощение в плоскости Млечного пути и вывод. Если решение идёт по алгоритму, описанному в решении для 9-10 кл (и получается, естественно, что сверхновая будет видна), задача не может быть оценена выше, чем в 2 балла.

При этом от школьника не требуется знать точную величину межзвёздного поглощения в

## ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Бланк заданий Муниципальный этап, 2023

*направлении на центр Галактики. Достаточно осознания общеизвестных фактов, что в оптическом диапазоне центр Галактики скрыт и не наблюдаем из-за наличия газопылевых облаков, что фото окрестностей СМЧД в центре МП было сделано в радиодиапазоне (поскольку в оптическом мы эту область не видим) и т.п.*

### **Справочные данные:**

1 а.е.= $1.496 \cdot 10^8$  км; 1 пк=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, до галактики М31 800 кпк.

Гравитационная постоянная  $G=6.67 \cdot 10^{-11}$  Н\*м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>.