

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.

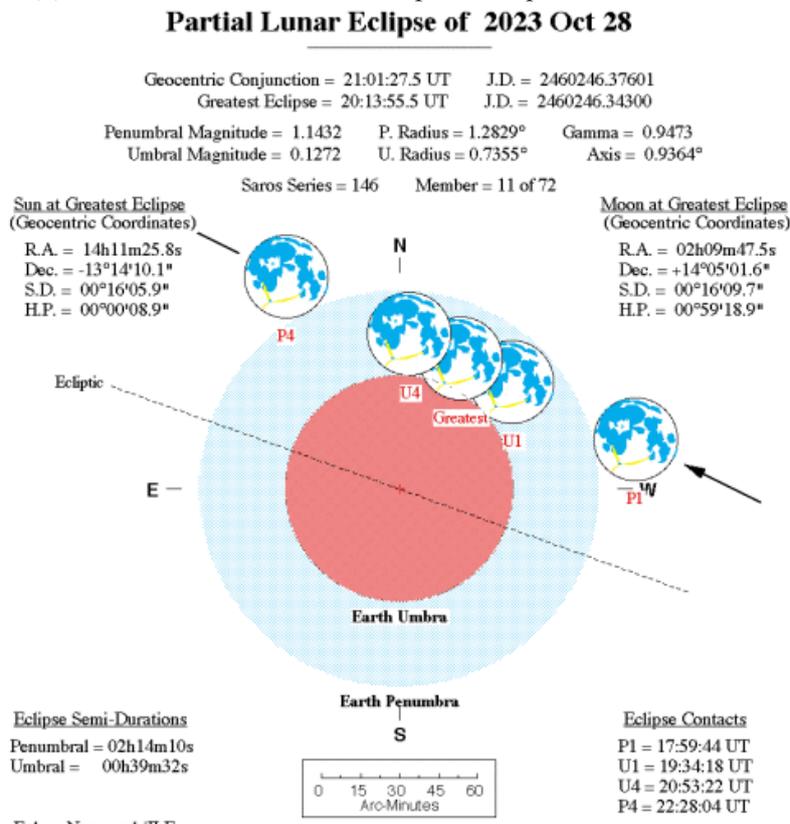
В описании есть несколько неточностей.

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.



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° (2 балла).

В случае, когда в зимнее солнцестояние на 24 часа наступает полярная ночь, можно считать, что полуденная высота светила около 0° (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^m 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*м²/кг².