

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ  
2017-2018 УЧЕБНЫЙ ГОД  
ОТВЕТЫ**

<b>9 КЛАСС</b>	
№ задания	Максимальный балл
1.	8
2.	8
3.	8
4.	8
5.	8
6.	8
Итого:	48 баллов

**ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ**

**9 класс**

*Общие указания:* за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения выставляется не менее 4–5 баллов. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 2–3 балла даже при формально правильном ответе. С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 1–2 балла. Жюри вправе вводить собственные критерии оценивания работ, не противоречащие общим рекомендациям по проверке.

**1. Зимний треугольник**

Звезды, которые образуют этот астеризм – Сириус ( $\alpha$  Большого Пса), Прочион ( $\alpha$  Малого Пса), Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона). Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия видны на наших широтах зимой – в декабре и январе (ночью), а также в конце октября – ноябре (под утро) и в феврале (вечером).

*Примечание:* для определения наилучшей видимости можно воспользоваться картой звездного неба (Приложение 2 к листу заданий). Эти созвездия будут находиться вблизи верхней кульминации в месяцы, когда Солнце будет на эклиптике в противоположной по прямому восхождению точке небесной сферы (+12 часов).

*Ответ:* Сириус ( $\alpha$  Большого Пса), Прочион ( $\alpha$  Малого Пса), Бетельгейзе ( $\alpha$  Ориона). Декабрь, январь.

*Критерии оценивания*

По 1 баллу за каждое верное название звезды, еще по 1 баллу за верное указание созвездий, в которых находятся эти звезды. Последние 2 балла выставляются за указание любых 2 месяцев из приведенного в решении перечня.

**2. Всегда ли видна?**

Решение данной задачи сводится к тому, чтобы определить, будет ли данная звезда незаходящей за горизонт для указанных городов.

Склонение полюса мира  $\delta = 90^\circ$ . Тогда склонение нашей звезды составляет  $\delta = 90^\circ - 47^\circ = +43^\circ$ . В то же время – высота полюса мира над северным горизонтом равна широте наблюдателя  $\varphi$ . Значит, на северном горизонте он сможет теоретически видеть все звезды со склонением больше чем  $90^\circ - \varphi$  градусов. В случае Москвы, это будет:  $90^\circ - 55^\circ 45' = +34^\circ 15'$ . В Ростове на Дону:  $90^\circ - 47^\circ 14' = +42^\circ 46'$ , а в Сочи:  $90^\circ - 43^\circ 35' = +46^\circ 25'$ . Таким образом, в Москве эта звезда ( $\delta = +43^\circ$ ) будет видна даже в нижней кульминации на высоте  $43^\circ - 34^\circ 15' = +8^\circ 45'$ . В Ростове на Дону:  $43^\circ - 42^\circ 46' = +0^\circ 14'$ . А в Сочи:  $43^\circ - 46^\circ 25' = -3^\circ 25'$ . Как видим, в Москве и в Ростове эта звезда видна всегда (не заходит за горизонт), в то время как в Сочи ее нижняя кульминация происходит под горизонтом. Можно отметить,

что минимальная высота звезды в Ростове на Дону близка к нулю, и, чтобы ее там увидеть, надо искать хорошую возвышенность, откуда высота видимого северного горизонта не превышает высоту математического.

Еще одно возможное решение: для того чтобы звезду всегда можно было наблюдать в темное время суток, она должна быть незаходящей. А чтобы она была незаходящей, ее прямое восхождение может быть любым, а склонение должно быть таким, чтобы высота звезды в момент нижней кульминации была больше нуля. Так как высота светила в нижней кульминации равна  $h = \varphi + \delta - 90^\circ$ , то  $\varphi + \delta - 90^\circ > 0$ . Или  $\varphi > 90^\circ - \delta$ , т.е.  $\varphi > 47^\circ$ .

*Ответ:* в Москве и Ростове на Дону эту звезду всегда можно наблюдать в темное время суток, так как она для этих широт будет незаходящей за горизонт, а в Сочи нет.

*Критерии оценивания*

Верное определение склонения звезды – 1 балл.

Вывод или знание условия для незаходящих светил – 4 балла.

Окончательный правильный вывод о возможности наблюдений для каждого из городов – до 3 баллов (по 1 баллу за правильный вывод для каждого города).

### 3. Сириусы А и Б

Расстояние до звезд можно считать одинаковым. По определению – разница в 5 звездных величин соответствует отношению освещенностей в 100 раз. В нашем случае (10 000 раз) мы имеем в 100 раз большее отношение ( $10\,000 = 100 \times 100$ ). Так как звездные величины складываются, то Сириус Б на 10 звездных величин слабее, чем Сириус А. Это дает  $-1,5 + 10 = 8,5^m$ .

*Примечание:* участники олимпиады для решения задачи могут воспользоваться формулой Погсона  $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$ , тогда  $m_2 - m_1 = 2,51g \frac{I_1}{I_2}$ . Отсюда  $m_2 = 2,51g(10000) + m_1 = 2,5 \cdot 4 - 1,5 = 8,5^m$ .

*Ответ:*  $8,5^m$ .

*Критерии оценивания*

Знание соотношения звездных величин с освещенностями (или в целых числах или в виде формулы Погсона) – 4 балла.

Правильный перевод отношения освещенностей в звездные величины – 2 балла.

Окончательное верное вычисление звездной величины Сириуса Б – 2 балла.

### 4. «Великое американское затмение» и 1 сентября

Так как 21 августа на Земле произошло солнечное затмение, то Луна в этот день была в фазе новолуния. С 21 августа до 1 сентября прошло 11 суток. Период изменения лунных фаз составляет около 29,5 суток (синодический месяц). Примерно каждые  $29,5/4 \approx 7,4$  суток фаза Луны меняется на одну четверть (от новолуния к первой четверти, затем к полнолунию, последней четверти и т.д.). Значит, через 7,4 суток после затмения была первая четверть, после чего до 1 сентября прошло еще (11 сут. – 7,4 сут) 3,6 суток, т.е. половина четверти. Таким образом, 1 сентября Луна была видна в фазе между первой четвертью и полнолунием (освещена примерно на 75%).

В фазе первой четверти Луна кульминирует (видна на юге) по вечерам (в 19 часов с учетом декретного времени). В полнолунии – вблизи полуночи (видна в противоположной Солнцу части неба). Следовательно, 1 сентября она кульминировала между 19 часами и местной полночью (около 1 часа ночи по декретному времени), то есть около 22 часов декретного времени.

*Ответ:* Да, поздним вечером, в фазе около 0,75 (между первой четвертью и полнолунием).

*Критерии оценивания*

Знание фазы Луны во время солнечного затмения – 1 балл.

Верное определение количества суток, прошедших с момента затмения до 1 сентября – 1 балл.

Знание периода изменения лунных фаз (синодический месяц) – 2 балла. Если учащийся указывает период в 4 недели (28 суток), то выставляется только 1 балл.

Правильное определение фазы Луны 1 сентября – 2 балла.

Верное определение времени суток, когда была видна Луна 1 сентября – 2 балла.

### 5. Флоренция вблизи Земли

Астрономическая единица (среднее расстояние от Земли до Солнца) равна 149,6 миллионов километров. Переведем расстояние от Земли до астероида из а.е. в километры:  $0,04723 \text{ а.е.} \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ км} =$

7 065 608 км. Сравнив полученное значение с радиусом Земли (6 378 км), получим  $7\,065\,608 \text{ км} / 6\,378 \text{ км} \approx 1108$  радиусов (554 диаметра) нашей планеты. В выбранном масштабе астероид при минимальном сближении пролетит на расстоянии  $554 \cdot 0,3 \text{ м} \approx 166$  метров от центра глобуса, т.е. далеко за пределами класса, и даже всей школы! Луну следует поместить на расстоянии в  $(384\,400 \text{ км} / 6\,378 \text{ км}) \cdot 0,15 \text{ м} \approx 9$  метров от центра глобуса (в соседнем классе).

*Примечание:* можно дополнительно отметить, что диаметр астероида в нашей модели составит:  $4,4 \text{ км} / 12756 \text{ км} \cdot 0,3 \text{ м} \approx 0,0001 \text{ м}$ , или  $\approx 0,1$  миллиметра. А астероид при минимальном сближении пролетел от Земли в  $166 \text{ м} / 9 \text{ м} \approx 18$  раз дальше Луны. Вот и подумайте, может ли представлять хоть какую-то опасность для нашего 30 сантиметрового глобуса пылинки размером в 0,1 мм, пролетающая от него на расстоянии 166 метров?!

*Ответ:* расстояние от центра глобуса Земли до астероида в выбранном масштабе составит около 166 метров, до Луны – 9 метров.

*Критерии оценивания*

Верный перевод расстояния до астероида из астрономических единиц в километры – 2 балла.

Правильное выражение расстояния до астероида в радиусах (диаметрах) Земли – 2 балла.

Верное окончательное вычисление расстояния от глобуса Земли до астероида в выбранном масштабе – 2 балла.

Верное вычисление расстояния от глобуса Земли до Луны в выбранном масштабе – 2 балла.

## 6. Планета у Проксимы Центавра

Чтобы определить продолжительность года на планете, т.е. период обращения планеты вокруг звезды, нужно применить третий обобщенный закон Кеплера, сравнив систему двух тел Проксима Центавра–планета с другой известной системой двух тел, например, Солнце–Земля:

$\frac{T_1^2(M_{\text{П}} + m_1)}{a_1^3} = \frac{T_2^2(M_{\text{С}} + m_2)}{a_2^3}$ , где  $T_1$  и  $a_1$  – сидерический период обращения планеты вокруг Проксимы

Центавра и большая полуось ее орбиты ( $a_1 = 1/20 \text{ а.е.} = 0,05 \text{ а.е.}$ );  $T_2$  и  $a_2$  – сидерический период обращения Земли вокруг Солнца ( $T_2 = 365,26 \text{ сут.}$ ) и большая полуось ее орбиты ( $a_2 = 1 \text{ а.е.}$ );  $M_{\text{П}}$  – масса Проксимы Центавра,  $m_1$  – масса планеты,  $M_{\text{С}}$  – масса Солнца;  $m_2$  – масса Земли.

Учитывая, что масса Солнца много больше массы Земли ( $M_{\text{С}} \gg m_2$ ), а масса Проксимы Центавра много больше массы планеты ( $M_{\text{П}} \gg m_1$ ), получим выражение:  $\frac{T_1^2 M_{\text{П}}}{a_1^3} = \frac{T_2^2 M_{\text{С}}}{a_2^3}$ , откуда найдем период

обращения планеты:  $T_1 = \sqrt{\frac{T_2^2 M_{\text{С}} a_1^3}{a_2^3 M_{\text{П}}}} = \sqrt{\frac{365,26^2 \cdot 1 \cdot 0,05^3}{1^3 \cdot 0,123}} = 11,6 \text{ сут.}$

*Ответ:* 11,6 сут.

*Критерии оценивания*

Применение третьего обобщенного закона Кеплера – 4 балла.

Вывод о пренебрежении массами Земли и планеты в виду их малости и получение правильного выражения для определения периода обращения – 2 балла.

Использование верного значения величины сидерического периода обращения Земли (звездного года) в сутках – 1 балл.

Окончательные верные вычисления периода обращения планеты – 1 балл.

*Примечание:* использования участниками третьего эмпирического закона Кеплера для решения этой задачи является не верным, так как он предполагает обращение, например, двух планет вокруг одного общего центрального тяготеющего тела, например Солнца. Поэтому такое решение не может быть оценено жюри более чем на 1 балл, который может быть выставлен за использование верной величины звездного года.

Задания подготовили

Председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат технических наук, доцент С.В. Бутаков

Председатель жюри регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, член Российской Ассоциации учителей астрономии, заслуженный педагог Красноярского края С.Е. Гурьянов

С замечаниями, пожеланиями, предложениями и вопросами можно обращаться по адресу: [butakov@kspu.ru](mailto:butakov@kspu.ru) или по тел. 8-904-897-97-60.