

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

<b>10 КЛАСС</b>	
№ задания	Максимальный балл
1.	8
2.	8
3.	8
4.	8
5.	8
6.	8
Итого:	48 баллов

**ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ**

**10 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. Весенний треугольник**

Звезды, которые образуют этот астеризм – Арктур ( $\alpha$  Волопаса), Спика ( $\alpha$  Девы), Денебола ( $\beta$  Льва) или Регул ( $\alpha$  Льва). Лучше всего (высоко в небе вблизи верхней кульминации) эти созвездия видны на наших широтах весной – в марте и апреле (ночью), а также в феврале (под утро) и в мае (вечером). Если к этому астеризму добавить звезду Сердце Карла ( $\alpha$  Гончих Псов), дополняющую треугольник до ромба, который называется Бриллиант Девы.

*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:* Арктур ( $\alpha$  Волопаса), Спика ( $\alpha$  Девы), Денебола ( $\beta$  Льва) или Регул ( $\alpha$  Льва). Март, апрель.

*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. Альдебаран и Процион**

Это задание на понимание устройства экваториальной системы координат, на которой построено большинство звездных карт, атласов и каталогов. Разность прямых восхождений звезд, упоминаемых в задании, составляет:  $07^{\text{ч}} 39^{\text{м}} 17,3^{\text{с}} - 05^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 55,3^{\text{с}} = 02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}}$ . Из определения прямого восхождения следует, что звезды восходят, кульминируют и заходят в порядке роста их прямых восхождений (отсчет увеличивается с запада на восток). Поэтому кульминация Проциона наступит через  $02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}}$  после кульминации Альдебарана. Или в  $23^{\text{ч}} 35^{\text{м}} 10^{\text{с}} + 02^{\text{ч}} 03^{\text{м}} 22^{\text{с}} = 25^{\text{ч}} 38^{\text{м}} 32^{\text{с}}$  по часам наблюдателя. Поскольку 25 часов это уже 1 час после полуночи, то верхнюю кульминацию Проциона любитель сможет увидеть в  $01^{\text{ч}} 38^{\text{м}} 32^{\text{с}}$ . Вторая координата (склонение) определяет угловое расстояние светила от небесного экватора. Поскольку склонение Альдебарана больше на:  $16^{\circ} 30' 30'' - 05^{\circ} 13' 12'' = 11^{\circ} 17' 18''$ , то и кульминировать он будет на столько же выше Проциона. Другими словами, высота Проциона в кульминации составит:  $50^{\circ} 00' 00'' - 11^{\circ} 17' 18'' = 38^{\circ} 42' 42''$ .

*Примечание:* при решении этого задания важна точность вычислений, так как в его условии экваториальные координаты даны с точностью до долей секунды и угловых секунд.

*Ответ:* кульминацию звезды Прокцион можно будет увидеть в 01ч 38м 32с на высоте 38° 42' 42".

*Критерии оценивания*

Верное вычисление разности прямых восхождений звезд – 1 балл.

Понимание сущности прямого восхождения и верное вычисление времени верхней кульминации Прокциона (с точностью до секунд) – 3 балла. Если участник в качестве ответа указывает 25ч 38м 32с, то оценка снижается на один балл. Если участник округляет время до минут, максимальная оценка за этот этап решения составляет – 2 балла.

Верное вычисление разности склонений звезд – 1 балл.

Понимание сущности склонения и верное вычисление высоты кульминации Прокциона (с точностью до угловых секунд) – 3 балла. Если участник округляет высоту до угловых минут, то максимальная оценка за этот этап решения составляет – 2 балла, до градусов – 1 балл.

### 3. Алголь в прошлом

Из условия задачи видно, что в далеком прошлом расстояние до Алголя было меньше в 10 раз. Поскольку блеск звезды изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, то звезда была в 100 раз ярче, чем сейчас. Известно, что отношению освещенностей в 100 раз соответствует разнице в 5 звездных величин. Тогда имеем:  $2,12 - 5 \approx -2,9^m$ . Отметим, что сегодня таких ярких звезд на небе мы не видим.

*Примечание:* участники олимпиады для решения задачи могут воспользоваться формулой Погсона

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}, \quad \text{тогда} \quad \frac{r_2^2}{r_1^2} = 2,512^{(m_2 - m_1)} \quad \text{или} \quad m_2 - m_1 = 2,51 \lg \frac{r_2^2}{r_1^2}. \quad \text{Отсюда} \quad m_1 = m_2 - 2,51 \lg(10^2) = m_2 - 5.$$
$$m_1 = 2,12 - 2,5 \cdot 2 \approx -2,9^m.$$

*Ответ:*  $-2,9^m$ .

*Критерии оценивания*

Указание на то, что видимый блеск объектов обратно пропорционален квадрату расстояния (численно или в виде формулы) – 3 балла.

Знание соотношения звездных величин с освещенностями (или в целых числах или в виде формулы Погсона) – 3 балла.

Окончательное верное вычисление звездной величины Алголя в прошлом – 2 балла.

### 4. Два затмения Луны

Полная фаза первого январского лунного затмения продлится 1ч 17м (14ч 08м – 12ч 51м) с максимальной фазой в 13ч 30м по всемирному времени (середина этого интервала времени). Так как разница всемирного времени с красноярским составляет +7 часов, в Красноярске в это время будет 20ч 30м. То есть максимум затмения наступит за 4,5 часа до истинной полночи (около 1 часа ночи по красноярскому времени). Как можно понять, в январе – это темное время суток, а поскольку лунные затмения можно наблюдать со всего ночного полушария Земли, то в Красноярске это затмение будет видно. Так как лунные затмения происходят в полнолуние, а полная Луна кульминирует (находится на юге) в истинную полночь, то затмение можно будет наблюдать в юго-восточной части неба.

Аналогично со вторым июльским затмением: оно продлится 1ч 44м с максимумом вблизи 20ч 22м по всемирному времени. В Красноярске в этот момент будет уже 20ч 22м + 7ч = 03ч 22м (28 июля). То есть – через 2ч 22м после истинной полночи. Это тоже ночное время, так что и это затмение также будет видно из Красноярска. Только на этот раз Луна будет видна уже в юго-западной части неба (после истинной полночи).

Сравнивая продолжительности затмений, можно заметить, что июльское затмение будет более долгим (так как Луна пройдет ближе к центру земной тени, чем в январе). Однако высота Луны над горизонтом во время июльского затмения будет меньше, чем во время январского. Это объясняется следующим образом: высота Солнца максимальна летом, а минимальна – зимой, так как Солнце на эклиптической долготе находится выше небесного экватора, а зимой – ниже. А противоположная точка эклиптики, в которой будет находиться полная Луна во время лунного затмения, кульминирующая в истинную полночь, наоборот, летом – ниже небесного экватора, а зимой – выше. По этой причине лучше будет видно январское затмение, так как наблюдению «высокой» Луны не будут мешать предметы видимого горизонта (дома, деревья и т.п.).

Еще один фактор в пользу январского затмения – это темная зимняя ночь, в отличие от короткой светлой летней ночи, когда не заканчиваются астрономические сумерки. Кроме того, окончание полной фазы

июльского затмения (в 04ч 14м красноярского времени) будет проходить уже во время утренних гражданских сумерек.

*Примечание:* в момент максимума январского затмения высота Луны над горизонтом Красноярска составит более 26 градусов, в то время как в июле – немногим более 7 градусов. Желаем удачных наблюдений!

*Ответ:* в Красноярске будут видны оба затмения, так как они будут происходить, когда в городе будет темное время суток. Но лучше будет видно январское затмение, потому что Луна в это время будет выше над горизонтом, а полная фаза затмения придется на полностью темное время суток.

#### *Критерии оценивания*

Знание разницы между всемирным временем и красноярским – 2 балла.

Вывод о возможности наблюдать оба затмения в Красноярске с пояснениями – 2 балла.

Вывод о большей продолжительности июльского затмения – 1 балл.

Вывод с пояснениями о лучших условиях наблюдения затмения в январе в связи:

- с большей высотой Луны над горизонтом – 2 балла.

- с ночными условиями наблюдения во время полной фазы затмения – 1 балл.

### **5. Определение широты по Полярной звезде**

Поскольку Полярная удалена от полюса мира на  $90^{\circ} 00' 00'' - 89^{\circ} 15' 51'' = 44' 09''$  ( $44',15$ ), то каждые сутки она бывает видна на столько же выше или ниже северного полюса мира (точки, в которую направлена ось вращения Земли в северном полушарии). Если вспомнить, что длина дуги  $1^{\circ}$  меридиана составляет примерно 111 км (это значение можно вычислить, зная радиус Земли и приравняв длину земной окружности к  $360^{\circ}$ ), получим, что при измерениях высоты Полярной в моменты ее максимального удаления по высоте от северного полюса мира, ошибка в определении широты может составить:  $111 \text{ км} \cdot 44',15 / 60' = 81,7 \text{ км}$ . А так как Полярная звезда в течение суток максимально удаляется как в сторону увеличения высоты, так и в сторону уменьшения высоты, то ошибка может составить примерно  $\pm 82 \text{ км}$  или  $164 \text{ км}$ ! Это достаточно много, поэтому при реальных измерениях используются специальные таблицы, в которых дается поправка на каждый час каждого дня года с учетом времени наблюдения и прямого восхождения звезды.

*Ответ:* ошибка в местоположении на поверхности Земли может составить  $\pm 82 \text{ км}$  (или  $164 \text{ км}$ ).

#### *Критерии оценивания*

Верное определение диапазона изменения высоты Полярной звезды – 2 балла.

Знание или вычисление длины дуги  $1^{\circ}$  меридиана – 2 балла.

Верное определение ошибки в километрах – 4 балла (если не указан знак « $\pm$ » или весь диапазон ошибки, то за этот этап решения выставляется только 2 балла).

### **6. Солнце и Сириус**

Главное – понимать, что речь идет о разных параллаксах. Для Солнца – это так называемый горизонтальный экваториальный параллакс, когда за базис принимается экваториальный радиус Земли ( $6378 \text{ км}$ ). А для звезд – годичный параллакс (угол, под которым со звезды виден радиус земной орбиты, равный  $1 \text{ а.е.} = 149,6 \text{ млн. км}$ ). Дальнейшие расчеты можно проводить разными способами. Например, найти отношение параллаксов и масштабов:  $8'',79/0'',38 \approx 23$ ;  $149,6 \cdot 10^6 / 6378 \approx 23456$ . Тогда можно считать, что Сириус в  $23 \cdot 23456 \approx 540$  тысяч раз дальше, чем Солнце. Можно вычислить и другим способом, зная, что  $1 \text{ парсек} = 206265 \text{ а.е.}$  Расстояние до Сириуса  $1/0,38 \approx 2,63 \text{ парсек}$ . Тогда, как и ранее, получаем:  $206265 \cdot 2,63 \approx 540 \cdot 10^3 \text{ раз}$ .

*Ответ:* примерно в 540 тысяч раз.

#### *Критерии оценивания*

Указание, что параллакс Солнца – это горизонтальный экваториальный параллакс и понимание его сущности – 3 балла.

Указание, что параллакс Сириуса – это годичный параллакс и понимание его сущности – 3 балла.

Окончательное верное вычисление отношения расстояний (независимо от способа) – 2 балла.

#### *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.