

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2018-2019 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

10 КЛАСС	
№ 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. Противостояние Юпитера

Воспользовавшись картой звездного неба из Приложения 2 к заданиям, найдем положение Солнца на эклиптике 11 июня на ее пересечении с радиусом, соединяющим дату и центр карты. Получим, что Солнце находится в созвездии Тельца в точке с прямым восхождением около 05 ч 15 мин.

В момент противостояния Юпитер должен находиться вблизи диаметрально противоположной Солнцу точки эклиптики, которая имеет прямое восхождение: 05 ч 15 мин + 12 ч = 17 ч 15 мин и располагается в созвездии Змееносца. Если посмотреть на карту звездного неба, то ближайшей яркой звездой, расположенной как раз «западнее и немного южнее» этой точки, является α Скорпиона – Антарес.

Ответ: Юпитер будет находиться в созвездии Змееносца, а ближайшая к нему яркая звезда – Антарес.

Критерии оценивания

Верное определение прямого восхождения Солнца – 3 балла.

Верное определение прямого восхождения Юпитера – 3 балла.

Указание обозначения близкой к Юпитеру яркой звезды – 1 балл.

Указание собственного имени этой звезды – 1 балл.

2. Зенитные расстояния Веги

Для удобства вычислений переведем в данных из условия задачи угловые минуты в доли градусов:

$$\delta = +38^{\circ}47': \text{ так как } 47' = 47'/60' \approx 0,8^{\circ}, \text{ то } \delta = +38,8^{\circ};$$

$$\varphi = +56^{\circ}01': \text{ так как } 01' = 01'/60' \approx 0,0^{\circ}, \text{ то } \varphi = +56,0^{\circ}.$$

1 способ решения.

Известно, что в зените кульминируют светила, склонение которых равно широте места наблюдения. Для Красноярска это соответствует склонению $\delta = \varphi = +56,0^{\circ}$. В момент верхней кульминации Вега будет видна в $56,0^{\circ} - 38,8^{\circ} = 17,2^{\circ}$ к югу от зенита. Это и есть зенитное расстояние Веги в момент верхней кульминации.

Зенитное расстояние северного полюса мира ($\delta = +90,0^{\circ}$) в Красноярске составляет: $90,0^{\circ} - 56,0^{\circ} = 34^{\circ}$ к северу от зенита. Вега удалена от северного полюса мира на $90,0^{\circ} - 38,8^{\circ} = 51,2^{\circ}$.

Следовательно, зенитное расстояние Веги в нижней кульминации (на севере) будет составлять: $34^\circ + 51,2^\circ = 85,2^\circ$.

Разность зенитных расстояний Веги в разноименных кульминациях в Красноярске составляет: $85,2^\circ - 17,2^\circ = 68,0^\circ$. Именно на столько в Красноярске Вега видна ближе к зениту в верхней кульминации, чем в нижней.

2 способ решения.

Определим высоту Веги в верхней кульминации из соотношения, связывающего высоту светила в верхней кульминации h_{max} , склонение светила δ и широту места наблюдения φ : $h_{max} = \delta + (90^\circ - \varphi)$:

$$h_{max} = 38,8^\circ + (90^\circ - 56,0^\circ) = 72,8^\circ.$$

Тогда зенитное расстояние Веги в момент верхней кульминации составит: $z_{max} = 90^\circ - h_{max} = 90^\circ - 72,8^\circ = 17,2^\circ$.

Определим высоту Веги в нижней кульминации из соотношения, связывающего высоту светила в нижней кульминации h_{min} , склонение светила δ и широту места наблюдения φ : $h_{min} = \delta - (90^\circ - \varphi)$:

$$h_{min} = 38,8^\circ - (90^\circ - 56,0^\circ) = 4,8^\circ.$$

Тогда зенитное расстояние Веги в момент нижней кульминации составит: $z_{min} = 90^\circ - h_{min} = 90^\circ - 4,8^\circ = 85,2^\circ$.

Разность зенитных расстояний Веги в разноименных кульминациях в Красноярске составляет: $z_{min} - z_{max} = 85,2^\circ - 17,2^\circ = 68^\circ$.

Ответ: разность зенитных расстояний Веги в разноименных кульминациях в Красноярске составляет 68° .

Критерии оценивания

Знание, что означает зенитное расстояние – 1 балл.

Понимание угловых расстояний на небесной сфере (как в 1 способе решения) или применение формул для высот светила в кульминациях (как во 2 способе решения) – 4 балла.

Правильные вычисления и получение верного ответа – 3 балла.

3. Передвинуть Землю

Продолжительность тропического года, который лежит в основе исчисления лет, в настоящее время составляет 365,2422 средних солнечных суток (см. Данные о Земле в Приложении 1 к заданиям).

В предложенном варианте новый период обращения Земли вокруг Солнца должен составить ровно: $6 \cdot 30 + 6 \cdot 31 = 366$ суток, что больше величины тропического года в $366/365,2422 \approx 1,0021$ раза. Следовательно, орбиту Земли надо «слегка расширить».

Определим насколько. Для этого воспользуемся третьим законом Кеплера: $T_1^2/T_2^2 = a_1^3/a_2^3$ (индексы 1 и 2 отнесем к новой и существующей орбитам, соответственно). Приняв $T_2 = 1$ год и $a_2 = 1$ а.е. получим $a_1^3 = 1,0021^2$, откуда $a_1 \approx 1,0014$ а.е. Таким образом, орбиту надо расширить на $0,0014 \cdot 149,6 \cdot 10^6 = 209440$ км или, примерно, на 210 тысяч км. Это немногим больше половины расстояния от Земли до Луны.

Ответ: большую полуось земной орбиты надо увеличить, примерно, на 210 тысяч км.

Критерии оценивания

Знание, что в основе исчисления лет лежит тропический год, а также знание его величины или использование данных из приложения – 2 балла.

Применение третьего эмпирического закона Кеплера – 4 балла.

Правильные вычисления и верный вывод – 2 балла.

4. Солнечное затмение 11 августа 2018 года

Фаза солнечного затмения Φ – это доля диаметра диска Солнца, закрытая Луной. Измерим отрезок L_1 , соответствующий диаметру солнечного диска на рисунке (см. рис. 1, для удобства показа дополнительных линий изображение инвертировано): $L_1 \approx 5,8$ мм. Измерим еще один отрезок L_2 , соединяющий середину дуги лунного диска и максимально удаленную от нее противоположную часть диска Солнца: $L_2 \approx 3,9$ мм. Тогда видимую долю солнечного диска можно определить, как $L_2/L_1 = 3,9 \text{ мм} / 5,8 \text{ мм} \approx 0,67$. А доля закрытого Луной диска (величина фазы затмения) составит $\Phi = 1 - 0,67 = 0,33$.

Измеренная фаза меньше максимальной для Красноярска, поэтому снимок был получен или до, или после максимума. Определим когда. В северном полушарии Солнце и Луна перемещаются вдоль эклиптики справа – налево (с запада на восток). Луна движется быстрее, поэтому на фоне солнечного диска она тоже перемещается справа – налево (с запада на восток). А максимальная фаза затмения на-

ступает посередине этого пути. В августе эклиптика немного наклонена влево и вниз (см. рис. 2) к небесным параллелям, так как Солнце после летнего солнцестояния движется к осеннему равноденствию (склонение Солнца уменьшается). Из рисунка рис. 2 видно, что снимок был получен незадолго до максимальной фазы (центр Луны еще не дошел до перпендикуляра к эклиптике).

Теперь определим, можно ли было где-то увидеть более глубокое затмение. Достаточно вспомнить, что Луна находится неподалеку от Земли, поэтому из разных точек видна в разных направлениях (имеет значительный горизонтальный параллакс). Поэтому, чем дальше к северу от Красноярска во время затмения будет располагаться наблюдатель, тем южнее он будет видеть Луну на небе и, соответственно, на солнечном диске. Действительно, для наблюдателей из полярных районов нашей страны максимальная фаза этого затмения достигала 0,73.

Ответ: величина фазы затмения в момент съемки составляла, примерно, 0,33. Снимок был получен незадолго до максимальной фазы затмения. Большую фазу затмения можно было увидеть при перемещении наблюдателя на север от Красноярска.

Критерии оценивания

Понимание, что означает фаза затмения – 1 балл.

Верное вычисление значения фазы затмения – 2 балла.

Определение, что снимок получен до максимальной фазы (с обоснованием) – 2 балла.

Верное определение направления, где наблюдалась большая фаза (с обоснованием) – 3 балла.

5. Солнце с Арктуром

1 способ решения.

Зная параллакс Арктуром, можно определить расстояние до него: $d = 1/\pi = 1/0,0888'' \approx 11,26$ парсек. Поскольку 1 парсек равен 206265 астрономических единиц (число угловых секунд в радиане), то это расстояние превышает расстояние от Земли до Солнца (1 а.е.) в $11,26 \cdot 206265 \approx 2322544$ раза. А поскольку яркость (блеск) изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, то из окрестностей Арктуром Солнце будет выглядеть в $2322544^2 \approx 5,394 \cdot 10^{12}$ раз слабее, чем с Земли.

Переведем это значение в звездные величины. Одна звездная величина соответствует различию блеска в 2,512 раза, а x звездных величин – в $2,512^x$. Поэтому можно записать $2,512^x = 5,394 \cdot 10^{12}$. Логарифмируя обе части этого уравнения, получим: $0,4 \cdot x = 12,73$ или $x = 2,5 \cdot 12,73 = 31,83^m$. Или можно записать, что $m - m_C = 31,83^m$, где m – видимая звездная величина Солнца с Арктуром, m_C – видимая звездная величина Солнца с Земли. Зная, что видимая звездная величина Солнца с Земли составляет $m_C = -26,78^m$ (см. Данные о Солнце в Приложении 1 к заданиям), найдем $m = 31,83^m + m_C = 31,83^m - 26,78^m = 5,05 \approx 5^m$. Итак, из окрестностей Арктуром наше Солнце будет видно, как звезда 5 величины.

Примечание: для вычисления звездной величины участники могут использовать формулу Погсона: $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$, где I_1 и I_2 – яркости источников, m_1 и m_2 – их звездные величины, соответственно.

2 способ решения.

Зная параллакс Арктуром, можно определить расстояние до него: $d = 1/\pi = 1/0,0888'' \approx 11,26$ парсек.

Теперь воспользуемся следующим соотношением: $M = m + 5 - 5 \lg(r)$, связывающим абсолютную звездную величину M с видимой звездной величиной m и расстоянием до звезды r в парсеках.

Из него выразим видимую звездную величину:

$$m = M - 5 + 5 \lg(r).$$

Зная, что абсолютная звездная величина Солнца составляет $M = +4,72^m$ (см. Данные о Солнце в Приложении 1 к заданиям), получим:

$$m = 4,72^m - 5 + 5 \lg(11,26 \text{ пк}) = 4,98^m \approx 5^m.$$

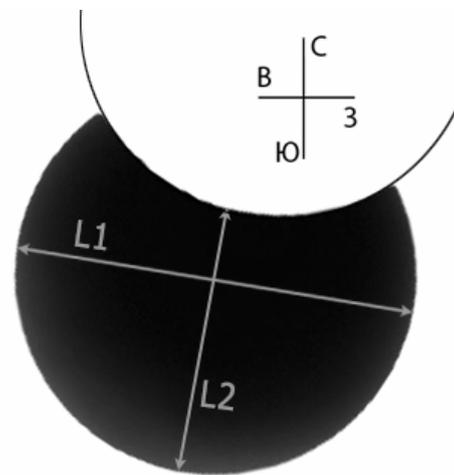


Рис. 1

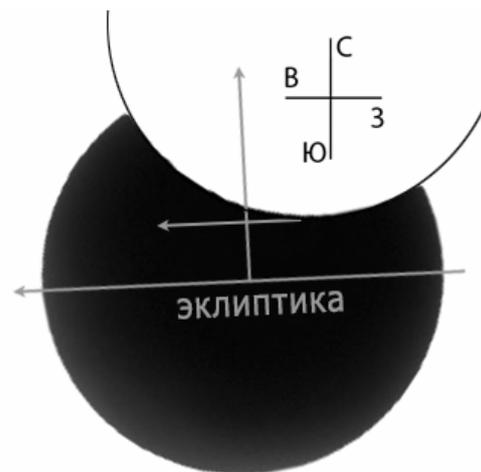


Рис. 2

Ответ: из окрестностей Арктура наше Солнце будет видно, как звезда 5 величины.

Критерии оценивания

Использование необходимых данных из приложения или их знание – 1 балл.

Умение определять расстояние до звезд в парсеках по известному годичному параллаксу – 1 балл.

При 1 способе решения:

знание, что яркость (блеск) изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния – 2 балла;

знание соотношения яркости (блеска) источников и их звездных величин или использование формулы

Погсона – 2 балла.

При 2 способе решения:

использование соотношения, связывающего абсолютную звездную величину звезды с ее видимой звездной величиной – 4 балла.

Окончательные верные вычисления и получение правильного ответа – 2 балла.

6. Соединения Юпитера с Сатурном

В моменты соединений все три планеты (Земля, Юпитер и Сатурн) оказываются, примерно, на одной линии. Поскольку период обращения Земли равен 1 году, то достаточно найти синодический период (период повторения одинаковых конфигураций) одной из внешних планет по отношению к другой, воспользовавшись уравнением синодического движения:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{ю}}} - \frac{1}{T_{\text{с}}}, \text{ откуда: } S = \frac{T_{\text{ю}} \cdot T_{\text{с}}}{T_{\text{с}} - T_{\text{ю}}}.$$

Взяв данные о периодах обращения Юпитера и Сатурна из Таблицы 2 «Характеристики орбит планет» Приложения 1 к заданиям и подставив их в полученное выражение, найдем:

$$S = \frac{11,862 \text{ г} \cdot 29,458 \text{ г}}{29,458 \text{ г} - 11,862 \text{ г}} = 19,859 \text{ г} \approx 20 \text{ лет}.$$

Трем этим синодическим периодам ($19,859 \cdot 3 \approx 59,6$) кратными являются, примерно, 5 периодов обращения Юпитера ($11,862 \cdot 5 \approx 59,3$ года) и 2 периода обращения Сатурна ($29,458 \cdot 2 \approx 58,9$ года). Поэтому через каждые 59–60 лет соединения будут происходить, примерно, на одном и том же участке небесной сферы.

Ответ: соединения Юпитера с Сатурном повторяются, примерно, один раз в 20 лет, а в одних и тех же частях эклиптики – один раз 59–60 лет.

Критерии оценивания

Верное применение уравнения синодического движения – 4 балла.

Использование необходимых данных о планетах из приложения или их знание – 1 балл.

Верные вычисления синодического периода – 1 балл.

Верное определение периода повторения соединений на одном и том же участке неба – 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 или по тел. 8-904-897-97-60.