

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

ИНСТРУКЦИЯ

по работе жюри Регионального этапа

Всероссийской олимпиады школьников по астрономии 2011 года

Москва 2010

1. Обязанности жюри Регионального этапа Всероссийской олимпиады по астрономии.

Региональный этап Всероссийской олимпиады проводится в виде независимых конкурсов в трех возрастных параллелях – 9, 10 и 11 класс. Жюри Регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии состоит из научных и педагогических работников, специализирующихся в области астрономии. Численность жюри должна составлять не менее 6 человек, оптимальный состав жюри – 10-12 человек. Председатель и заместитель председателя жюри назначаются органом управления образованием субъекта Российской Федерации. При формировании состава жюри орган управления образованием может воспользоваться рекомендациями Центрального оргкомитета Всероссийской олимпиады школьников и Методической комиссии по астрономии.

В ходе решения заданий олимпиадами участниками, продолжающегося в течение 4 часов, члены жюри должны несколько раз посетить аудитории и ответить на вопросы участников олимпиады по условиям заданий. Помимо этого, жюри проводит заседание, на котором распределяет задания каждой возрастной параллели. Член жюри, в ответственность которого попадает то или иное задание, должен проверить его решения у каждого участника олимпиады в возрастной параллели, строго руководствуясь приводимыми в данной инструкции критериями оценивания. Таким образом, достигается необходимая объективность проверки. В зависимости от численности жюри решение каждого задания проверяется одним или независимо двумя членами жюри. Во втором случае итоговая оценка получается усреднением двух независимых оценок.

Перед началом проверки оргкомитет производит шифровку работ участников и отделяет от них обложки с персональными данными участников. Жюри выставляет оценки на первые страницы работ.

Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе в соответствии с критериями, приводимыми в настоящей инструкции для каждого задания. Выставление оценки за решение задания, превышающей 8 баллов, на региональном этапе Всероссийской олимпиады по астрономии *не допускается*.

Общая оценка участника получается суммированием оценок за решения всех шести заданий для возрастной параллели. Максимальная оценка за весь этап составляет 48 баллов. Наличие итоговых оценок более 48 баллов является *грубым нарушением* правил регионального этапа олимпиады по астрономии и может служить основанием для *аннулирования* его результатов в данном регионе.

Распределение участников по числу набранных баллов в каждой возрастной группе является основанием для определения победителей и призеров Регионального этапа олимпиады.

В соответствии с Положением о Всероссийской олимпиаде школьников, победителем Регионального этапа олимпиады в каждой из возрастных параллелей считается участник, набравший наибольшее количество баллов. В случае, если в какой-либо из возрастных параллелей двое или более участников набрали равное количество баллов, превосходящее число баллов, набранное другими участниками, их работы (без обложки с указанием персональных данных) возвращаются в жюри, каждый член которого независимо проверяет решение каждого из шести заданий. На основе этого выставляется новая усредненная оценка с учетом дробных баллов. Если после этой процедуры суммарное количество баллов вновь оказывается в точности равным, жюри проводит прения, на основе которых устанавливается единственный победитель, суммарная оценка которого должна быть больше, чем у других участников. Остальные участники, чьи работы перепроверялись, автоматически становятся призерами олимпиады, если их количество не превосходит 25% от общего числа участников в данной возрастной параллели.

Призерами Регионального этапа становятся участники, следующие в итоговом протоколе по возрастной группе за победителем. Количество призеров и минимальное количество баллов призера определяется на основе решения жюри. Данное решение учитывает особенности распределения участников по числу набранных баллов и должно отвечать следующим требованиям:

1. Победитель и все призеры в возрастной группе должны составлять не более 25% от числа участников в этой возрастной группе.
2. Призеры должны набрать не менее половины максимального количества баллов, т.е. не менее 24 баллов. Исключение делается в случае перепроверки ряда работ для определения победителя, описанном выше.

Решение жюри заносится в итоговый протокол, в котором также указываются оценки за каждое задание и суммарная оценка каждого участника. Протокол составляется отдельно для каждой из трех возрастных параллелей и подписывается председателем и всеми членами жюри.

2. Решения заданий Регионального этапа и система оценивания каждого задания.

9 класс

1. Условие. Что такое звездные сутки, звездный месяц, звездный год? Сколько звездных суток и звездных месяцев содержится в одном звездном годе?

1. Решение. Звездные сутки T_1 – период осевого вращения Земли относительно далеких звезд или, то же самое, промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями одной и той же звезды в некотором пункте Земли. Вследствие орбитального движения Земли данный период несколько меньше солнечных суток – один год содержит на одни звездные сутки больше, чем солнечные. Продолжительность звездных суток составляет 23 часа 56 минут 04 секунды или 0.99727 обычных (солнечных) суток.

Звездный месяц T_2 – период обращения Луны вокруг Земли относительно далеких звезд или промежуток между двумя последовательными соединениями Луны с некоторой звездой. Аналогично, вследствие орбитального движения Земли звездный месяц меньше периода изменений лунных фаз и составляет 27.3217 солнечных суток.

Звездный год T_3 – период обращения Земли вокруг Солнца относительно далеких звезд или промежуток между двумя последовательными соединениями Солнца с некоторой звездой (без собственного движения) вблизи эклиптики. Этот промежуток несколько отличается от обычного тропического года (периода между последовательными моментами весеннего равноденствия) вследствие прецессии земной оси с периодом около 26000 лет. Точка весеннего равноденствия смещается относительно звезд в ту же сторону, что и Солнце, и звездный год на $(1/26000)$ часть длиннее тропического года. Его продолжительность составляет 365.256 дня.

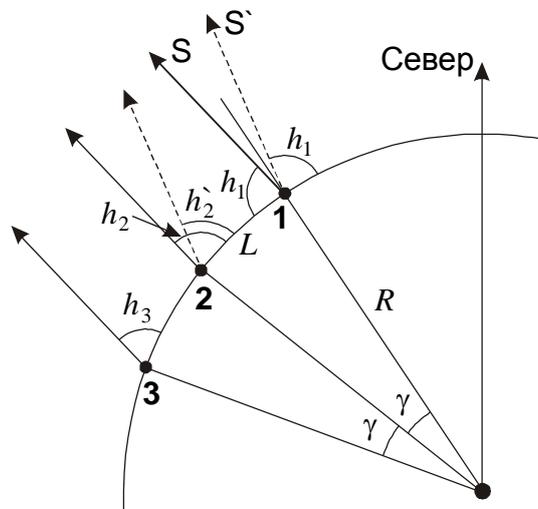
Исходя из этого, получаем число звездных суток (N_1) и звездных месяцев (N_2) в одном звездном годе:

$$N_1 = \frac{T_3}{T_1} = 366.26; \quad N_2 = \frac{T_3}{T_2} = 13.3687.$$

1. Рекомендации для жюри. Важным составляющим решения данной задачи является правильное представление участниками олимпиады понятий звездных суток, месяца и года, их отличия от солнечных суток, лунного месяца (периода смены фаз) и тропического года. Правильное понимание и использование каждой из трех указанных величин оценивается по 2 балла. Если участник олимпиады использует другие величины (например, тропический год вместо звездного), то, несмотря на близость ответов, соответствующие 2 балла не выставляются. Итоговые вычисления и окончательный вывод оценивается еще в 2 балла.

2. Условие. Наблюдатель в северном полушарии наблюдал звезду в верхней кульминации на высоте 80° . Сместившись на юг на 2000 км, он увидел ту же звезду в верхней кульминации на высоте 82° . На какой высоте увидит наблюдатель эту же звезду в верхней кульминации после того, как сместится на юг еще на 2000 км?

2. Решение. По условию задачи, наблюдатель движется строго на юг по меридиану. Изначально он находится в северном полушарии, на расстоянии не менее $\pi R/2$, то есть 10000 км по меридиану от Южного полюса (здесь R – радиус Земли). При перемещении на расстояние L (2000 км) и $2L$ (4000 км) на юг наблюдатель не достигнет южного полюса. Очевидно, что он не сможет пересечь и северный полюс, и останется на том же меридиане, что и в начальном положении (цифра 1 на рисунке). Поэтому верхняя кульминация звезды будет происходить одновременно во всех точках на пути наблюдателя.



Определим величину углового перемещения наблюдателя между положениями 1 и 2:

$$\gamma = L / R$$

Здесь R – радиус Земли. В градусной мере угол γ равен 18° . Если бы верхняя кульминация звезды в пункте 1 происходила к северу от зенита (положение S'), то, как видно на рисунке, в пункте 2 она бы произошла также к северу от зенита на угол γ ниже:

$$h_2' = h_1 - \gamma = 62^\circ.$$

Это противоречит условию задачи. Следовательно, звезда находится в положении S и в пункте 1 кульминирует южнее зенита. Тогда высота ее верхней кульминации в пункте 2 составит

$$h_2 = 180^\circ - h_1 - \gamma = 82^\circ,$$

что соответствует условию задачи. В отличие от пункта 1, в пункте 2 верхняя кульминация произойдет к северу от зенита. То же относится и к пункту 3. Высота звезды в верхней кульминации там будет равна

$$h_3 = h_2 - \gamma = 64^\circ.$$

2. Рекомендации для жюри. Приведенное выше решение является наиболее наглядным и полным. Возможно, участники олимпиады будут использовать иные подходы – например, сразу считать, что при изменении широты наблюдателя на угол γ к югу положение звезды на меридиане будет смещаться к северу на тот же угол. Вне зависимости от метода решения участники должны обосновать, что все время наблюдатель будет находиться на одном меридиане, не пересекая полюсов, и верхняя кульминация звезды будет происходить одновременно во всех точках, через которые двигался наблюдатель. Эти два вывода оцениваются по 1 баллу. Данные 2 балла не выставляются при отсутствии необходимых обоснований.

Участники олимпиады должны рассмотреть возможность верхней кульминации звезды в пункте 1 к северу от зенита и доказать, что это противоречит условию задачи. Этот вывод оценивается в 3 балла. Правильное вычисление угла γ оценивается в 1 балл, а последующее вычисление высоты h_3 – в 2 балла.

Среди решений могут встретиться ошибочные выводы о том, что смещение на 2000 км приводит к перемещению звезды в верхней кульминации по меридиану на 2° (вместо 18°) и окончательный ответ – 84° . Такие решения оцениваются не выше, чем в 2 балла.

3. Условие. 8 декабря в 15ч по Всемирному времени на Земле наблюдалось полное солнечное затмение, а 23 декабря в 09ч по Всемирному времени – частное лунное затмение. В какой день декабря того же года (по Всемирному времени) Луна была в фазе первой четверти?

3. Решение. Солнечное затмение происходит в новолуние, в момент соединения Солнца с Луной на небе Земли. Лунное затмение, напротив, может произойти в полнолуние, когда Луна располагается с противоположной стороны от Солнца. Фаза первой четверти наступает между новолунием и полнолунием, когда Луна располагается в 90° от Солнца. Если бы орбита Луны была круговой, момент первой четверти наступил бы в середине временного отрезка между новолунием и полнолунием, то есть 16 декабря в 00ч по Всемирному времени.

В реальности орбита Луны эллиптическая, хоть и мало отличная от круговой. В соответствии со II законом Кеплера вблизи перигея (ближайшей точке орбиты к Земле) линейная и угловая скорость Луны немного больше, а вблизи апогея – немного меньше. По условию задачи, 8 декабря произошло полное солнечное затмение. В декабре угловой диаметр Солнца близок к максимальному (Земля оказывается ближе всего к Солнцу вблизи Нового Года), и полное затмение может произойти, только если Луна находится рядом с точкой перигея орбиты. Следовательно, угловая скорость движения Луны после 8 декабря выше, чем перед 23 декабря, в противоположной части орбиты, вблизи ее апогея. Луна пройдет отрезок между новолунием и первой четвертью немного быстрее, чем последующий – между первой четвертью и полнолунием. Фаза первой четверти наступит несколько раньше Всемирной полночи 16 декабря. Итак, дата фазы первой четверти – 15 декабря.

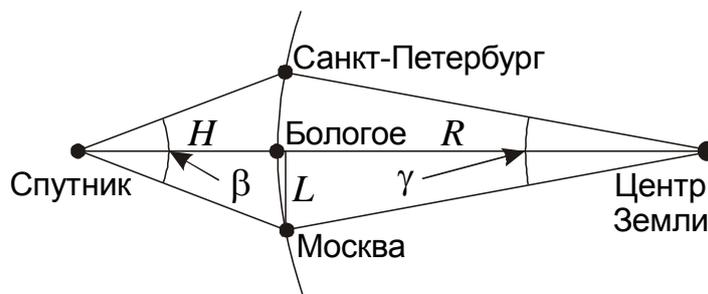
3. Рекомендации для жюри. Первым простым этапом решения является указание, что солнечное затмение происходит в новолуние, а лунное – в полнолуние. Этот вывод оценивается в 1 балл. Далее в решение следует вычисление момента середины между солнечным и лунным затмением. Правильное выполнение этого этапа оценивается в 2 балла. Если школьник ограничится выводом, что первая четверть наступит 15 либо 16 декабря или укажет в ответе 16 декабря в 00ч по Всемирному времени, общая оценка за решение не может превышать 3 баллов.

Указание, что солнечное затмение произошло, когда Луна находилась вблизи точки перигея орбиты, оценивается в 1 балл, а при наличии обоснования с учетом даты затмения – в 2 балла. Вывод о разнице угловой скорости движения Луны по орбите и по небу оценивается в 2 балла. Наконец, формулировка окончательного ответа оценивается еще в 1 балл.

4. Условие. В один момент времени искусственный спутник Земли с круговой орбитой оказался над городом Бологое, расположенном посередине между Москвой и Санкт-Петербургом. Угловое расстояние между двумя столицами при наблюдении со спутника было равно 10° . Определите орбитальный период спутника. Расстояние между Москвой и Санкт-Петербургом равно 630 км.

4. Решение. Для решения задачи нам нужно определить высоту спутника над поверхностью Земли H . Это можно легко сделать, считая угол β , под которым со спутника видно расстояние S (Москва – Санкт-Петербург), малым:

$$H = S / \beta = 3600 \text{ км.}$$



Здесь угол β берется в радианной мере. Орбитальный период спутника составит:

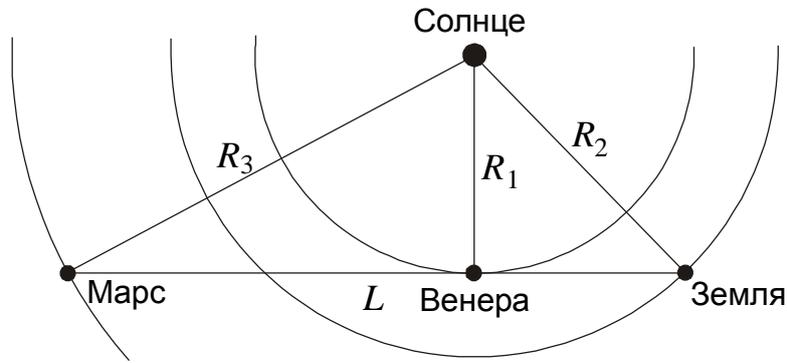
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+H)^3}{GM}}$$

Здесь M – масса Земли. Орбитальный период получается равным 10000 секунд или около 2.75 часа.

4. Рекомендации для жюри. Первой частью решения задания является вычисление высоты спутника над поверхностью Земли. Это можно сделать с учетом малости углов, как описано выше, можно применять более точный метод с вычислением длины L (см. рисунок). Возможно прямое вычисление радиуса орбиты $(L+H)$ из геометрических соображений. Результаты должны получаться практически идентичными, эти методы считаются правильными. Корректное вычисление высоты спутника или радиуса орбиты оценивается в 4 балла. Еще 4 балла выставляются за правильное использование III закона Кеплера либо закона всемирного тяготения и вычисление орбитального периода. Это можно сделать с применением общей формулы, как указано выше, а можно использовать простую формулировку III закона Кеплера и сравнивать спутник с Луной. Оба подхода считаются правильными.

5. Условие. В один день Венера оказалась в наибольшей восточной элонгации при наблюдении с Земли и в наибольшей западной элонгации – при наблюдении с Марса. Найдите видимый угловой диаметр Марса при наблюдении с Земли в этот день. Орбиты всех планет считать круговыми.

5. Решение. В случае круговых орбит наибольшая элонгация (угловое расстояние от Солнца) внутренней планеты наступает, когда направление на нее из точки наблюдения является касательной линией к ее орбиты. Наибольшая элонгация Венеры по условию задачи восточная для Земли и западная для Марса, следовательно, Венера находится на линии, соединяющей Землю и Марс.



Очевидно, что при наблюдении с Земли в этот день Марс оказался в соединении с Венерой. Расстояние от Земли до Марса равно

$$L = \sqrt{R_3^2 - R_1^2} + \sqrt{R_2^2 - R_1^2} = 2.03 \text{ a.e.}$$

Угловой диаметр Марса в этот день составит

$$d'' = 206265'' \cdot D / L = 4.6''.$$

Здесь D – диаметр Марса.

5. Рекомендации для жюри. Основной частью решения является правильное представление взаимного расположения Венеры, Земли и Марса в указанный момент. Лучше всего это представление передается рисунком, однако, участники олимпиады могут объяснить его в тексте. Правильное понимание геометрической картины ситуации оценивается в 4 балла. Вычисление расстояния между Землей и Марсом оценивается еще в 2 балла. Наконец, последние 2 балла выставляются за правильное вычисление углового диаметра Марса.

6. Условие. Планетарная туманность **A** имеет интегральный блеск 10^m и угловой радиус $2.2'$. Планетарная туманность **B** имеет интегральный блеск 9^m и угловой радиус $4.5'$. Для какой из туманностей при фотографировании потребуется меньшая экспозиция и почему? Считать, что обе туманности выглядят на фотографии как протяженные объекты круглой формы с равномерным распределением яркости.

6. Решение. Очевидно, что для протяженных объектов необходимая экспозиция будет тем больше, чем меньше поверхностная яркость объекта, то есть его яркость, деленная на видимую площадь.

Планетарная туманность **В** по общей яркости превосходит планетарную туманность **А** в 2.512 раза (так как ее блеск на 1^m меньше). Но размеры планетарной туманности **В** больше. Определим соотношение видимых площадей туманностей:

$$\frac{S_B}{S_A} = \frac{r_B^2}{r_A^2} = 4.2.$$

Здесь r_A и r_B – видимые радиусы туманностей. В итоге, несмотря на большую общую яркость, планетарная туманность **В** уступает туманности **А** по поверхностной яркости в 1.7 раза. Поэтому для фотографирования туманности **В** потребуется большая экспозиция.

6. Рекомендации для жюри. Решение задачи должно сопровождаться указанием, что экспозиция определяется поверхностной яркостью туманности. Этот вывод оценивается в 3 балла. Дальнейшие вычисления можно проводить разными способами – вычислять звездную величину с 1 квадратной секунды или минуты внутри туманностей, сравнивать отношение яркостей и видимых площадей туманностей. При этом не обязательно вычислять отношение поверхностных яркостей двух туманностей, достаточно лишь сравнить их. Эта часть решения оценивается в 5 баллов.

Учет фона ночного неба, который не изменит ответа на задание, не является ошибкой, но и не может быть основанием для увеличения оценки.

3. Общие рекомендации для жюри.

Решение каждой задачи, выполненное участником олимпиады, оценивается по 8-балльной системе. При оценивании решения необходимо уделять первостепенное внимание не на ответ и его соответствие правильному ответу, а на ход решения, степень понимания участником сути картины, описанной в условии задачи, правильности и обоснованности физических и логических рассуждений. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 2-3 баллов даже при формально правильном ответе. При этом члену жюри необходимо учитывать то, что некоторые из задач имеют несколько верных способов решения, обоснованно приводящих к правильному ответу, и использование иного способа необходимо отличать от неверного решения.

С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 1-2 балла, если только ответ не получается заведомо неверный, абсурдный с точки зрения здравого смысла. В последнем

случае оценка может быть существенно снижена в зависимости от абсурдности ответа, не замеченной участником олимпиады.