

Уважаемый участник олимпиады!

Вам предстоит выполнить теоретические (письменные) задания. Время выполнения заданий тура 2 астрономических часа (120 минут). Максимальная оценка – 48 баллов.

Выполнение теоретических (письменных) заданий целесообразно организовать следующим образом:

- не спеша, внимательно прочитайте задание и определите, наиболее верный и полный ход решения и ответ;
- отвечая на теоретический вопрос, обдумайте и сформулируйте конкретный ответ только на поставленный вопрос;
- если Вы отвечаете на задание, связанное с заполнением таблицы или схемы, не старайтесь чрезмерно детализировать информацию, вписывайте только те сведения или данные, которые указаны в вопросе;
- после выполнения всех предложенных заданий еще раз удостоверьтесь в правильности выбранных Вами ответов и решений.

Не спешите сдавать решения досрочно, еще раз проверьте все решения и ответы. Задание теоретического тура считается выполненным, если Вы вовремя сдаете его членам жюри.

Оценивание заданий проводится по обобщенной шкале:

0 баллов – решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл – правильно угадан бинарный ответ («да» - «нет») без обоснования;

1-2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2-3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3-6 баллов – задание частично решено;

5-7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8- задание решено полностью;

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Справочная информация, разрешенная к использованию на олимпиаде приведена в Приложении №5 "Методических рекомендаций..."

Задание №1 (максимально 8 баллов).

Почему в некоторых местах земного шара в летнее время периодически наблюдается явление «белые ночи»? Дайте определение «белых ночей». Определите географическую широту мест, в которых наступают «белые ночи». Рассчитайте границу наблюдения «белой ночи». Объясните свои расчеты.

Решение.

Если гражданские вечерние сутки продолжаются до полуночи и сразу же сливаются с утренними гражданскими сумерками без промежутка ночной темноты, то такое явление называют «белые ночи». Гражданские вечерние сумерки начинаются в момент захода Солнца и продолжаются до тех пор, пока высота центра диска Солнца не станет равной -6° , т.е. на 6° под (ниже) горизонтом.

Склонение Солнца в день летнего солнцестояния $\delta_0 = 23^{\circ} 27'$, высота Солнца в нижней кульминации $h = -6^{\circ}$. Выразим широту из формулы высоты нижней кульминации

$$\varphi = 90^{\circ} - \delta + h_{\text{нк}} .$$

Выполним расчеты

$$\varphi = 90^{\circ} - \delta + h = 90^{\circ} - 23^{\circ} 27' - 6^{\circ} = 90^{\circ} - 29^{\circ} 27' = 60^{\circ} 33'$$

Итак, в день летнего солнцестояния $\delta_0 = 23^\circ 27'$ и на географической широте $\varphi = 60^\circ 33'$ высота в нижней кульминации в полночь равна -6° .

На широтах меньше $60^\circ 33'$ Солнце успеваает "нырнуть" ниже по высоте, следовательно вечерние и утренние гражданские сумерки не сливаются и "белая ночь" не наступает. На широтах больше $60^\circ 33'$ условия реализации "белой ночи" наступают уже при меньших склонениях Солнца, т.е. до даты летнего солнцестояния.

Вывод. Белые ночи бывают в местностях, расположенных между полюсами Земли и географическими параллелями с широтой $\varphi = \pm 60^\circ 33'$.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 3,1; 3,2; 4,5.

Задание №2 (максимально 8 баллов).

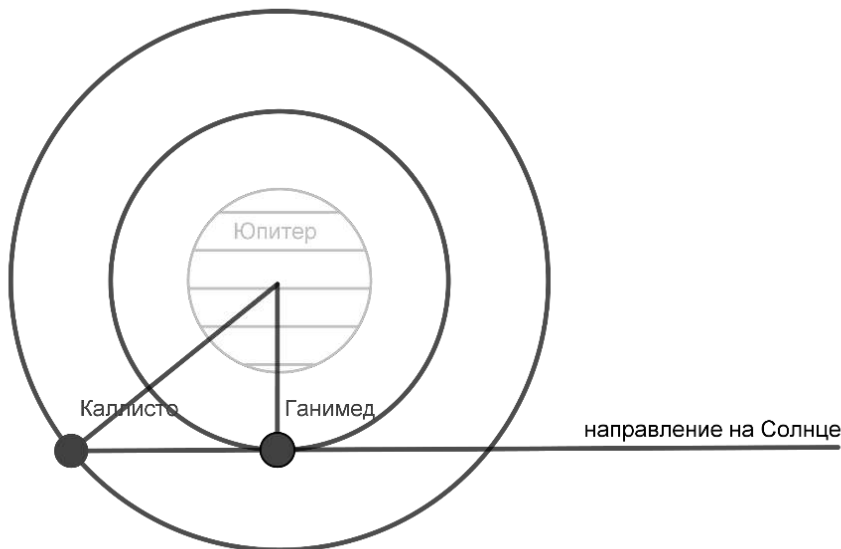
Если бы полёты к другим планетам и их спутникам были возможны, смогли бы космические путешественники наблюдать полное затмение Солнца Ганимедом, находясь на Каллисто?

Решение.

Условия, необходимые для полного затмения Солнца каким либо космическим телом:

- а) прохождение этого тела между Солнцем и наблюдателем (на луче зрения);
- б) угловой размер Солнца меньший, чем угловой размер затмевающего тела.

Первое условие выполняется, когда спутники находятся на своих орбитах на одной линии с Солнцем. Прохождение Ганимеда между Солнцем и Каллисто возможно при некоторых конфигурациях этих двух конкретных спутников (ответ "невозможно" считается неверным). Чтобы убедиться в возможности полного затмения, рассмотрим частный случай и расположим спутники на масштабной схеме так, чтобы они оказались в положении, для которого легко выполнить расчёт. Если в этом положении полное затмение Солнца произойдёт, значит, оно возможно для этих двух тел.



Сравним угловые размеры Солнца и Ганимеда для наблюдателя с Каллисто: $\delta_{\odot} = \frac{d_{\odot}}{D_{\odot}}$,

$\delta_r = \frac{d_r}{D_r}$, где δ - угловой размер, d - линейный размер, D - расстояние до объекта.

Расстояние от Каллисто до Ганимеда можно рассчитать по теореме Пифагора:

$$D_{ГК} = \sqrt{r_{ЮК}^2 - r_{ЮГ}^2}$$

Условие полного затмения: $\delta_r \geq \delta_\odot$ или $\frac{\delta_r}{\delta_\odot} \geq 1$.

$$\frac{\delta_r}{\delta_\odot} = \frac{d_r \cdot D_\odot}{D_r \cdot d_\odot} = \frac{5 \text{ тыс. км} \cdot 5,2 \text{ а. е.} \cdot 150000 \text{ тыс. км}}{1546 \text{ тыс. км} \cdot 1393 \text{ тыс. км}} \approx 2 \text{ (раза)}$$

Расстояние от Каллисто до Солнца мы посчитали равным расстоянию от Юпитера до Солнца. Угловой размер Ганимеда в 2 раз больше размера Солнца для наблюдателя на Каллисто, значит, полное солнечное затмение возможно.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 4,1; 5,1; 5,3.

Задание №3 (максимально 8 баллов).

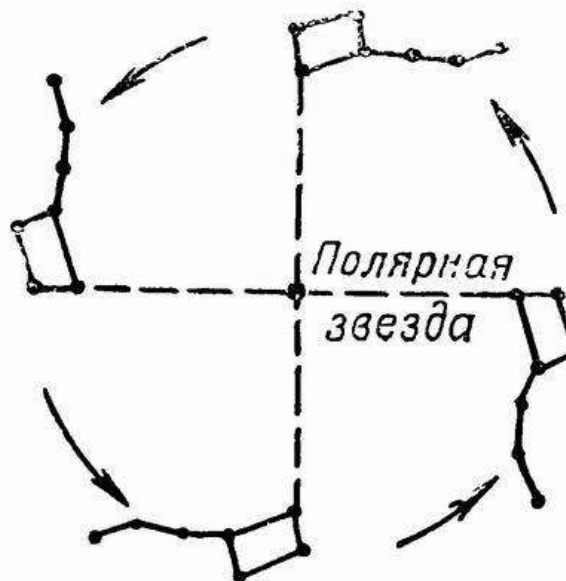
Объясните, почему альт-азимутальная монтировка не подходит для съёмки космических объектов через телескоп без дополнительных усовершенствований? И как при этом крупнейший в России телескоп БТА (Большой Телескоп Азимутальный) использует именно альт-азимутальную монтировку?

Решение.

При съёмке космических объектов через телескоп используют длительные экспозиции для накопления полезного сигнала. За время экспозиции Земля поворачивается на некоторый угол, и, чтобы изображение не смещалось в поле зрения оптической системы, необходимо компенсировать суточное вращение небесной сферы движением телескопа синхронно с движением звёзд.

Альт-азимутальная монтировка обеспечивает движение телескопа по высоте и азимуту, то есть она способна вести телескоп за объектом съёмки, однако, при таком движении не компенсируется вращение объекта вокруг оси мира, и так, например, за 6 часов съёмки объект в поле зрения окажется повернут на 90° .

Чтобы компенсировать этот поворот, на телескопе БТА, кроме альт-азимутальной монтировки, которая перемещает телескоп по азимуту и высоте, используется ещё и вращение самой камеры по третьей оси, чтобы компенсировать вращение изображения в поле зрения.



В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 3,2; 4,3; 7,1.

Задание №4 (максимально 8 баллов).



Бывают ли на Венере приливы? Если нет, то почему. Если да, то насколько они сильны по сравнению с земными

Решение.

Бывают, и если у Земли приливный эффект заметен по колебанию уровня океана, то у Венеры он должен проявить себя в плотной венерианской атмосфере.

Приливный гравитационный эффект на Земле обеспечивается Луной и Солнцем. У Венеры нет спутников, поэтому здесь приливный эффект имеет место только благодаря Солнцу. Сравним приливные эффекты от Солнца на Земле и на Венере. Приливные силы пропорциональны массе объекта, который вызывает эффект и обратно пропорциональны кубу расстояния до этого объекта:

$$F \sim \frac{M}{R^3}$$

Сравним приливный эффект от Солнца на Венере и Земле:

$$\frac{F_B}{F_3} = \frac{M_{\odot}}{R_B^3} \frac{R_3^3}{M_{\odot}} = \left(\frac{R_3}{R_B} \right)^3 = \left(\frac{1a.e.}{0,72a.e.} \right)^3 \approx 2,7 \text{ (раза)}$$

Сравним приливный эффект от Солнца на Венере и от Луны на Земле.

$$\frac{F_{\odot B}}{F_{ЛЗ}} = \frac{M_{\odot}}{R_{\odot B}^3} \frac{R_{ЛЗ}^3}{M_{Л}} = \frac{2 \cdot 10^{30} \cdot 384\,000^3}{108\,942\,000^3 \cdot 7,4 \cdot 10^{22}} \approx 1,2 \text{ (раза)}$$

Получим $F_{\odot B} = 2,7 \cdot F_{\odot 3}$ и $F_{\odot B} = 1,2 \cdot F_{ЛЗ}$

Если сравнивать приливы на Венере с сизигийными приливами на Земле, получится:

$$F_{Зсизиг} = F_{ЛЗ} + F_{\odot 3} = \frac{F_{\odot B}}{1,2} + \frac{F_{\odot B}}{2,7} = F_{\odot B} \cdot \frac{2,7+1,2}{1,2 \cdot 2,7} = 1,2 \cdot F_{\odot B}$$

Получается, что приливный гравитационный эффект на Венере даже больше, чем сизигийный приливный эффект на Земле, несмотря на то, что у Венеры нет спутников. В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 6,1; 6,3.

Задание №5 (максимально 8 баллов).

Существа другой Цивилизации ищут планету для переселения. Планета, на которой они жили, получала энергию от звезды красного сверхгиганта Тоавита (так они ее называли).

Размер орбиты этой планеты примерно равен размеру земной орбиты, т.е. близок к 1 астрономической единице. Звезда остывает (считаем, что это реально), и энергии не стало хватать для жизни. Выясните, опасна ли Цивилизация для землян. Для этого вам известна скорость удаления Тоавита 10000 км/с, ее видимая звездная величина 35^m . Постоянную Хаббла принять равной $H = 100 \text{ км} / (\text{с} * \text{Мпс})$.

Примечание.

Для ответа на вопрос определите расстояние до Тоавита и абсолютную звездную величину звезды.

Возможное решение:

Расстояние до звезды можно найти по формуле $D = v / H$.

$$D = 10000 \text{ км/с} / 100 \text{ км} / (\text{с} * \text{Мпс}) = 100 \text{ Мпк} = 10^8 \text{ пс}$$

Для нахождения абсолютной звездной величины звезды Тоавита, используем формулу

$$M = m + 5 - 5 \lg D.$$

Определим абсолютную звездную величину

$$M = 35 + 5 - 5 \lg 10^8 = 40 - 40 = 0^m$$

Вывод. Абсолютная звездная величина Солнца $4,8^m$, а Тоавита 0^m , это значит, что яркость Тоавита примерно в 100 раз больше, чем у Солнца. Следовательно при одинаковом размере орбиты (расстояния от звезды до планеты) на родной планете Цивилизации значительно (примерно в 3 раза) жарче, чем на Земле.

Таким образом, наша Солнечная система и Земля инопланетянам неинтересна.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 8,1; 8,2; 8,3; 8,5.

Задание №6 (максимально 8 баллов).

Расстояние до некоторой звезды от Земли составляет 65,2 световых года. Определите параллакс этой звезды. Как изменится значение параллакса, если взять расстояние от звезды до Солнца.

Решение:

Расстояние D в парсеках до светила вне Солнечной системы обратно пропорционально его годичному параллаксу p , т.е. $D = 1/p$.

Так как $1 \text{ пс} = 3,26 \text{ световых года}$, то расстояние в парсеках $D = 65,2 / 3,26 = 20 \text{ пс}$. Тогда параллакс звезды будет равен $p = 1 / D = 1 / 20 = 0",05$.

Ответ на вторую часть задания можно получить из сравнения временных или пространственных протяженностей.

Используем сначала промежутки времени. Свет от звезды до Земли будет идти 65,2 световых года, расстояние от Земли до Солнца свет проходит за 8 минут. Сравнивая 8 минут и 65,2 года $\approx 65,2 \text{ лет} * 365,25 \text{ суток} * 24 \text{ часа} * 60 \text{ минут} \approx 3,43 * 10^7$ (минут) получим: $3,43 * 10^7 / 8 \approx 4 * 10^6$.

Теперь сравним пространственные интервалы: $1 \text{ пс} \approx 3,1 * 10^{13} \text{ км}$, $1 \text{ а.е.} \approx 1,5 * 10^8 \text{ км}$, расстояние до звезды $20 * 3,1 * 10^{13} = 62 * 10^{13} \text{ км}$. Отношение расстояний: $62 * 10^{13} / 1,5 * 10^8 \approx 4 * 10^6$.

Таким образом, добавление расстояния от Солнца до Земли к расстоянию от Земли до звезды изменит результат на миллионные доли. Учитывая точность определения параллакса (сотые доли) делаем вывод, что измеряемое значение параллакса практически не изменится.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 2,2.