

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).

Джейн приехал из Англии на каникулы к Пете. Джейн решил на память о поездке сделать фото. Петина бабушка посоветовала сделать фото местности во время вечерних зорь. В научной литературе такого понятия Джейн не нашел. Он попросил Петю объяснить, что это за явление. Помогите Пете объяснить явление, которое в народе называют «зорьями». О каком времени суток идет речь? Где в это время находится Солнце? Объясните, от чего зависит продолжительность «зорь»? Что можно сказать о продолжительности «зорь» на экваторе, средних географических широта, на полюсах? Почему продолжительность разная?

Решение.

Часть суток сразу после захода Солнца и до наступления совсем темной ночи, а потом, после окончания ночи до восхода Солнца называют сумерками (вечерними и утренними соответственно). Различают сумерки: гражданские, навигационные, астрономические. В данной задаче, очевидно, имеются в виду гражданские сумерки.

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. Когда Солнце скроется под горизонт, то его лучи некоторое время рассеиваются атмосферой и освещают земную поверхность. По мере дальнейшего погружения Солнца под горизонт, когда наступают навигационные и затем астрономические сумерки, освещение Солнца ослабевает настолько, что фотосъемка на местности без дополнительного освещения становится невозможной. Утренние гражданские сумерки начинаются перед восходом Солнца, когда высота центра диска Солнца станет равной -6° и заканчиваются в момент восхода Солнца.

Продолжительность сумерек зависит от географической широты местности и от склонения Солнца, т.е. от времени года. На земном экваторе, где Солнце поднимается и опускается перпендикулярно к горизонту гражданские сумерки непродолжительные, всего лишь около 25 минут. В удаленной от экватора местности, где суточный путь Солнца значительно наклонен к горизонту, сумерки длятся дольше, а на географических полюсах длятся до трех недель.

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

Задание №2 (максимально 8 баллов).

Как без часов по Луне определить малые промежутки времени, например, 2 минуты?

Решение.

Вследствие вращения Земли вокруг своей оси происходит видимое суточное движение Луны вместе с небесным сводом в западном направлении. В течение двух минут Луна передвигается в западном направлении примерно на величину своего диаметра. Поэтому, чтобы определить этот промежуток времени по Луне, можно указать следующий способ. Следует занять такое положение, при котором какой-либо неподвижный земной предмет (дерево, труба, столб, мачта и т.д.) проецировался бы по касательной к правому краю Луны (Луна слева от предмета). Избрав такое положение, необходимо стоять спокойно, не наклоняясь телом в стороны. Через 2 минуты Луна переместится на величину своего диаметра и полностью выйдет из-за предмета.

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

Задание №3 (максимально 8 баллов).

В ноябре 2021 года астрономы наблюдали возвращение знаменитой кометы 67P/Чурюмова-Герасименко, на которой находятся аппарат “Филы” и обломки аппарата “Розетта”. Это периодическая комета с большой полуосью орбиты равной 3,46 а.е., открытая 23 октября 1969 года. Когда в следующий раз астрономы смогут наблюдать её возвращение?

Решение.

Надо определить периодичность возвращения кометы. Сделать это вычитанием даты открытия из даты нынешнего возвращения будет неправильным. Необходимо произвести расчёт, используя закон Кеплера:

$$\frac{T^2}{a^3} = 1, \Rightarrow T = \sqrt{a^3} \text{ (года)}; T = \sqrt{3,16^3} = 6,44 \text{ лет} \approx 6 \text{ лет } 5 \text{ мес.}$$

То есть в следующий раз комета вернётся в апреле 2028 года.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 1,1; 5,2; 6,2.

Задание №4 (максимально 8 баллов).

Около 1100 лет до нашей эры китайскими астрономами было установлено, что в день летнего солнцестояния высота Солнца в полдень равнялась $79^{\circ}07'$ (к югу от зенита), а в

день зимнего солнцестояния $31^{\circ}19'$. Вычислите географическую широту φ пункта наблюдения и угол δ бывшего тогда наклона эклиптики к небесному экватору.

Решение:

Известно. Что $h_1 = 79^{\circ}07'$ и $h_2 = 31^{\circ}19'$.

Это значит, что $h_1 = \delta + 90 - \varphi$ и $h_2 = -\delta + 90 - \varphi$.

Из второго уравнения выразим $\delta = -h_2 + 90 - \varphi$ и подставим в первое

$$h_1 = -h_2 + 90 - \varphi + 90 - \varphi$$

$$h_1 = -h_2 + 180 - 2\varphi$$

$$2\varphi = 180 - h_2 - h_1$$

$$2\varphi = 180 - 31^{\circ}19' - 79^{\circ}07' = 69^{\circ}34'$$

Получим $\varphi = 34^{\circ}47'$.

Вычислим теперь угол наклона эклиптики к небесному экватору - δ . Выразим его из первого уравнения

$$\delta = h_1 - 90 + \varphi = 79^{\circ}07' - 90 + 34^{\circ}47' = 23^{\circ}54'$$

Примечание. С точки зрения математики данная задача сводится к решению системы из 2-х уравнений с 2-мя неизвестными, варианты решения могут быть другими, но результаты от этого не изменятся. Т.е. если система уравнений решена иначе, но конечный результат верный, то и количество баллов за данную задачу не снижается.

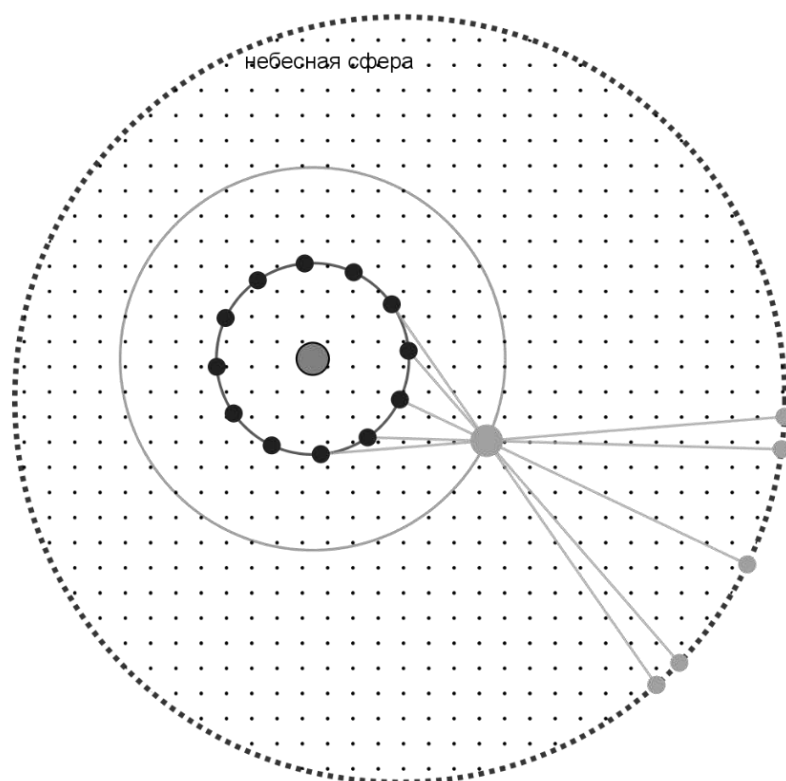
В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 3,1; 3,2; 4,5.

Задание №5 (максимально 8 баллов).

В какой фазе внешняя планета движется быстрее всего на небе Земли? Ответ сопроводите рисунком.

Решение.

Фаза связана с конфигурацией планеты. Для определения конфигурации, в которой планета быстрее всего движется среди звёзд для земного наблюдателя, нарисует масштабную схему, где укажем орбиту Земли, орбиту внешней планеты и небесную сферу с центром на Земле.



На рисунке показано, что при равных интервалах времени (равных расстояниях, проходимых Землёй по орбите) наибольшее расстояние на небесной сфере проекция внешней планеты пройдёт вблизи противостояния планеты. Схема нарисована в системе с неподвижной внешней планетой, чтобы показать конфигурации. Аналогичную схему можно сделать и для движения Земли вблизи соединения внешней планеты с Солнцем, но уже сейчас понятно, что смещение внешней планеты относительно звёзд будет происходить медленнее.

Итак, мы определили конфигурацию - противостояние. Этой конфигурации соответствует полная фаза внешней планеты, то есть быстрее всего внешняя планета перемещается по небу Земли в полной фазе.

В задаче задействован теоретический материал (см. Метод. Рекоменд...) §§ 2,1; 5,1; 6,2.

Задание №6 (максимально 8 баллов).

Юный астроном сделал свой первый телескоп из очковой линзы с фокусным расстоянием 50 см и лупы с фокусным расстоянием 5 см. Оценить размеры объектов на лунной поверхности, которые может рассмотреть астроном в свой первый телескоп. Разрешающую способность человеческого глаза β принять равной 1 угловой минуте.

Решение.

Из соотношения фокусных расстояний очевидно, что первая линза (фокусное расстояние 50 см) будет играть роль объектива, а вторая (фокусное расстояние 5 см) будет окуляром. Для такого инструмента легко определяется угловое увеличение - G .

$$G = F_{об} / F_{ок} = 50 / 5 = 10.$$

С использованием телескопа астроном увидит на Луне объекты, угловой размер (α) которых составляет:

$$\alpha = \beta / G = 1 / 10 = 0,1 \text{ угл.минуты.}$$

Для данной задачи полезно перевести угол в радианы (1 радиан \approx 3438 угл. минут):

$$\alpha \text{ (рад.)} = 0,1' / 3438 = 2,91 \cdot 10^{-5} \text{ рад.}$$

Среднее расстояние до Луны $r = 384000$ км, тогда линейный размер объекта на Луне (x) можно найти, используя связь расстояния, угловых и линейных размеров с учетом малости углов ($\text{tg}(\alpha) \approx \alpha$ (рад.)):

$$x \approx \alpha \text{ (рад.)} \cdot r = 2,91 \cdot 10^{-5} \cdot 3,84 \cdot 10^5 \approx 11,2 \text{ км.}$$

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