

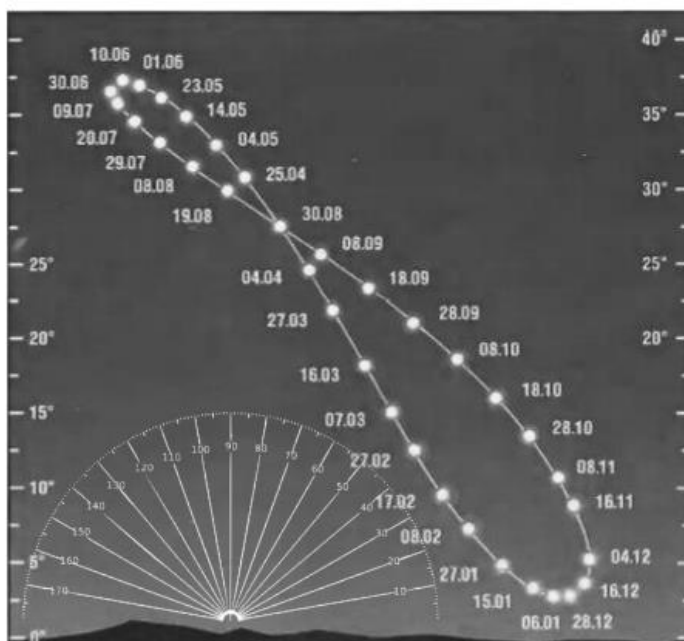
Всероссийская олимпиада школьников по астрономии 2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

10 класс

*Время выполнения –
3 астрономических часа*

1. На рисунке показана аналемма – кривая, имеющая форму восьмёрки и соединяющая последовательные положения центральной звезды планетной системы (Солнца) на небосводе одной из планет этой системы в одно и то же время суток в течение года. По бокам показана высота Солнца над горизонтом.



а) Почему точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия не совпадают?

б) В каком полушарии, в какое время суток делалась аналемма?

в) Оцените широту места наблюдения.

Возможное решение

1) Точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия, не совпадают из-за эллиптичности орбиты Земли – в рассматриваемые моменты планета находится на разном расстоянии от звезды. **(2 балла)**

2) Малая петля находится сверху, значит, наблюдения велись в северном полушарии (из-за эллиптичности орбиты). **(2 балла)**

3) Аналемма наклонена влево, значит наблюдения велись в утреннее время. **(2 балла)**

4) Угол между верхней и нижней концами восьмерки приблизительно равен 50° – наблюдения велись примерно на 50° северной широты. **(2 балла)**

2. Две одинаковые нейтронные звезды обращаются вокруг общего центра масс по круговой орбите с периодом 7 часов. На каком расстоянии друг от друга они находятся, если масса каждой равна $2,8 \cdot 10^{30}$ кг?

Возможное решение

1) Звезды находятся на расстоянии $2R$ друг от друга, где R – их радиус орбиты относительно центра масс.

2) По закону всемирного тяготения: $F_{\text{грав.}} = G \frac{m^2}{(2R)^2}$ (2 балла)

3) По 2 закону Ньютона $m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot R = F_{\text{грав}}$ (2 балла)

4) Приравнявая, находим искомое расстояние:

$$2R = \sqrt[3]{\frac{GmT^2}{2\pi^2}} \approx 1,8 \cdot 10^9 \text{ м (4 балла).}$$

3. Оцените с какого расстояния от Земли спутник DSCVOR сделал приведенную фотографию транзита Луны на фоне Земли?

Диаметры Луны и Земли равны 3470 км и 12700 км, среднее расстояние от Луны до Земли 384000 км.



Возможное решение

Угловые диаметры Луны и Земли при фотографировании спутником при транзите (т.к. Луна лежит на луче зрения, исходящем из спутника и направленном на Землю) равны, соответственно, $\varphi_{\text{л}} = \frac{d_{\text{л}}}{L-D}$, $\varphi_{\text{з}} = \frac{d_{\text{з}}}{L}$, где $d_{\text{л}}$ и $d_{\text{з}}$ – диаметры Луны и Земли, L – расстояние от спутника до Земли, D – расстояние от Луны до Земли. (4 балла)

Искомое расстояние выражается как $L = \frac{D}{1 - \frac{\varphi_{\text{з}} d_{\text{л}}}{\varphi_{\text{л}} d_{\text{з}}}}$. (2 балла)

Из фото видно, что отношение угловых диаметров $\approx 81 \text{ мм}/30 \text{ мм} = 2,7$. После подстановки получим $L \approx 1,46$ млн. км. (2 балла)

4. При наблюдении с Земли Марс располагается в западной квадратуре, а комета — в восточной. С Земли комета имеет звездную величину $7^{\text{м}}$, а с Марса $8^{\text{м}}$. Каково расстояние от Солнца и Земли до кометы, если известно, что она видна с обеих планет вблизи линии эклиптики? Орбиты Земли и Марса считать круговыми, лежащими в одной плоскости. Поглощением света в атмосферах планет пренебречь.

Возможное решение

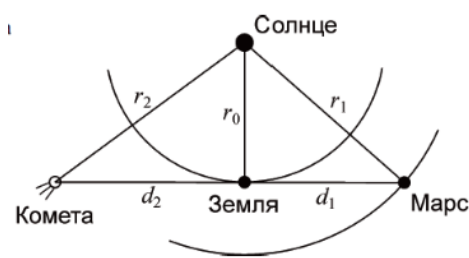
По условию задачи Солнце, Земля, Марс и комета фактически лежат в плоскости эклиптики. Изобразим их на рисунке. Марс и комета находятся в противоположных квадратурах, и Земля располагается около линии, соединяющей Марс и комету. Определим расстояние между Землей и Марсом: $d_1\sqrt{r_1^2 - r_0^2} = 1,15$ а.е. (3 балла)

Здесь r_0 и r_1 ; — радиусы орбит Земли и Марса. По условию задачи, с Земли (расстояние d_2) комета выглядит на 1^m ярче, чем с Марса (расстояние $d_1 + d_2$). Соотношение яркостей K равно 2,512, и для расстояний справедливо выражение:

$$\frac{d_1 + d_2}{d_2} = \sqrt{K} \text{ (3 балла)}$$

Здесь было учтено, что комета ориентирована одинаково по отношению к наблюдателям на Земле и Марсе. Отсюда $d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{K}-1} = 2$ а.е.

Расстояние кометы от Солнца $r_2 = \sqrt{r_0^2 + d_2^2} = 2,2$ а.е. (2 балла)



5. Сегодня произошло покрытие Венеры Луной. Может ли завтра произойти лунное или солнечное затмение? Дать объяснение.

Возможное решение

1. Венера является внутренней планетой (её орбита расположена внутри орбиты Земли). Поэтому Венера никогда не может быть видимой в противоположной Солнцу части неба (условие для лунного затмения). Поэтому лунное затмение произойти не может.

2. Что же касается солнечного затмения, ответ – да, может. Но только в том случае, если покрытие произошло на утреннем небе, так как стареющая Луна движется в сторону Солнца. А вот если покрытие произошло вечером (растущая Луна), то Луна будет «расти», удаляясь на небе от Солнца. В этом случае солнечного затмения не будет.

Оценивание.

1. Дан правильный ответ и указано, что Венера внутренняя планета и не бывает видна в противоположной Солнцу части неба (обязательное условие для лунного затмения) – 4 балла. За правильный ответ без объяснения – 1 балл.

2. Утверждение, что солнечное затмение произойти может – **2 балла**.
За уточнение, что покрытие должно быть утренним, а не вечерним – **2 балла**.

6. На какое минимальное расстояние приближается к Солнцу астероид (11480) Великий Устюг, открытый 7 сентября 1986 года в крымской обсерватории, если период его обращения вокруг Солнца 3,285 года, а расстояние в афелии составляет 2,589 а.е.

Возможное решение

Минимальное расстояние будет, когда астероид в перигелии своей орбиты.

1) Вычислим большую полуось a орбиты астероида (из III закона Кеплера): $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$. В формуле индекс 1 соответствует Земле, а индекс 2 астероиду.

Учитывая период обращения Земли и большую полуось земной орбиты:
 $a = \sqrt[3]{T^2} = 2,21 \text{ а. е.}$

2) Т.к. расстояние в афелии $Q = a(1+e)$, то эксцентриситет орбиты составит
 $e = \frac{Q-a}{a} = 0,171$

3) Расстояние в перигелии: $q = a(1-e) = 2,21 \cdot (1-0,171) = 1,83 \text{ а.е.}$

Оценивание.

Вычисление большой полуоси орбиты астероида на основании III закона Кеплера - **3 балла**

Определение эксцентриситета орбиты астероида - **2 балла**

Определение минимального расстояния, т.е. расстояния в перигелии – **3 балла**