

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2021-2022 учебный год
АСТРОНОМИЯ
10 класс**

Критерии оценивания

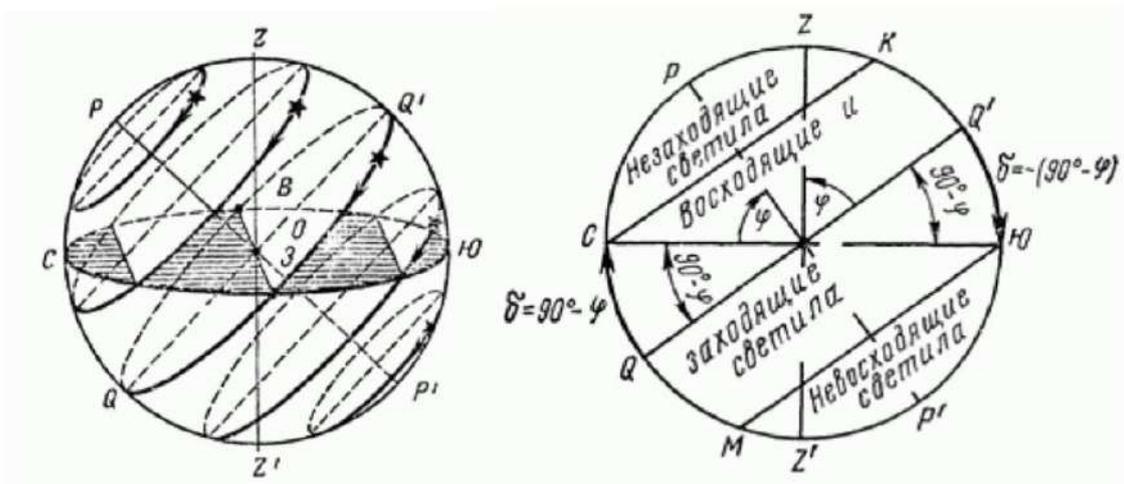
Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Задание №1

Солнце – 1 астрономическая единица
Альфа Центавра – 1.3 парсека
Крабовидная туманность – 2 килопарсека
Галактика Андромеды – ≈ 780 килопарсеков

По 2 балла за каждую верную пару.
Итого за задание 8 баллов

Задание №2



Запишем условие для невосходящих звезд - верхняя кульминация должна наступать под горизонтом:

$$90^{\circ} - \varphi + \delta < 0^{\circ} \Rightarrow -\varphi < 90^{\circ} - \delta$$

$$\varphi_K > 90^{\circ} - \delta \Rightarrow 90^{\circ} - 45^{\circ}59' < -44^{\circ}01'$$

$$\varphi_B > 90^{\circ} - \delta \Rightarrow 90^{\circ} - 7^{\circ}24' < -82^{\circ}36'$$

Следовательно, это будет южное полушарие, и по склонению Бетельгейзе (как более южной звезды) мы определим, какое именно значение широты будет выполнять условие задачи.

И полный диапазон широт, удовлетворяющий условию, будет от $82^{\circ}36'$ ю.ш. до 90° ю.ш. Запишем условие для незаходящих звезд - нижняя кульминация должна наступать над горизонтом:

$$\varphi - 90^{\circ} + \delta > 0^{\circ} \Rightarrow \varphi > 90^{\circ} - \delta$$

$$\varphi_K > 90^{\circ} - \delta \Rightarrow 90^{\circ} - 45^{\circ}59' > 44^{\circ}01'$$

$$\varphi_B > 90^{\circ} - \delta \Rightarrow 90^{\circ} - 7^{\circ}24' > 82^{\circ}36'$$

Следовательно, это будет северное полушарие, и Бетельгейзе определит нам, какое именно значение широты будет выполнять условие задачи. И полный диапазон широт, удовлетворяющий условию, будет от $82^{\circ}36'$ с.ш. до 90° с.ш.

Запись условия для невосходящих светил - 1 балл

Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не восходят по 1 баллу

Вывод о широтах, на которых обе звезды являются не восходящими. - 1 балл
 Запись условия для незаходящих светил - 1 балл
 Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не заходят по 1 баллу
 Вывод о широтах, на которых обе звезды являются не заходят. - 1 балл.
 Итого за задание 8 баллов.

Задание №3

На первом этапе нужно вспомнить взаимосвязь между оптической силой линзы и ее фокусным расстоянием. $D = 1/F$.

Получаем, что фокусное расстояние объектива $F=1$ метр

А фокусное расстояние окуляра $f=1/100=1$ см.

Из рисунка видно, что фокальная плоскость объектива совпадает с фокальной плоскостью окуляра. Следовательно, полная длина телескопа составляет $1 \text{ м} + 1 \text{ см} = 1.01 \text{ м}$

Увеличение телескопа рассчитывается из формулы $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$. Мы уже знаем фокусные расстояния объектива и окуляра, и получаем, что увеличение $\Gamma=100$.

Связь оптической силы и фокусного расстояния линзы - 1 балл

Определение фокусных расстояний объектива и окуляра по 1 баллу за каждый - итого 2 балла

Определение длины телескопа 1.01 метра. - 2 балла.

Определение увеличения телескопа 100 - 3 балла.

Итого за задание 8 баллов.

Задание №4

Из условия задачи мы знаем, что астероид движется по круговой орбите в ту же сторону, что и Земля и он находится в противостоянии. Конфигурация противостояния возможна только для внешнего астероида, орбита которого больше, чем орбита Земли.

Следующее противостояние будет через синодический период.

Запишем синодическое уравнение для внешней планеты:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Земли}}} - \frac{1}{T_{\text{Астероида}}} \Rightarrow S = \frac{T_{\text{Земли}} \cdot T_{\text{Астероида}}}{T_{\text{Астероида}} - T_{\text{Земли}}} = \frac{1 \cdot 3}{3-1} = 1.5 \text{ года}$$

Подставляем и получаем $S=1.5$ года. Значит следующее противостояние состоится через полтора года или 547,5 дней.

Для определения расстояния между астероидом и Землей нужно сначала найти радиус орбиты астероида (или что тоже самое, его большую полуось). Для этого воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow a_A = a_{\text{Земли}} \left(\frac{T_A}{T_{\text{Земли}}} \right)^{2/3} = 1 \left(\frac{3}{1} \right)^{2/3} = 2.08 \text{ а.е.}$$

И получаем ответ 2.08 а.е.

Поскольку астероид находится в противостоянии, и на одной линии Солнце-Земля-астероид, то расстояние Земля-астероид $=2.08-1=1.08$ а.е.

Теперь рассмотрим третий пункт задачи. Через 1.5 года астероид снова в противостоянии, его конфигурация повторится. Значит расстояние будет снова 1.08 ае.

Утверждение, что астероид внешний. - 1 балл

Запись выражения для синодического периода - 1 балл

Определение синодического периода в годах или днях - 1 балл

Определение даты следующего противостояния - 1 балл

Определение большой полуоси орбиты астероида - 2 балла

Определение расстояния между Землей и астероидом - 1 балл

Определение расстояния между Землей и астероидом через 1.5 года - 1 балл.

Итого за задание 8 баллов.

Задание №5

Первый шаг — это предположить из графика, что внутри планеты плотность сохраняется постоянной в трех областях: ядре (индекс 1) и двух слоях, назовем их верхним (индекс 3) и средним (индекс 2) слоем. Второй - определить из графика значения плотностей. Для этого необходимо, графически определить масштаб, и после этого снять из графика значения точек, соответствующих плотностям:

$$\begin{aligned}\rho_1 &= 4.24 \text{ г/см}^3 \approx 4.2 \text{ г/см}^3 \\ \rho_2 &= 10.48 \text{ г/см}^3 \approx 10.5 \text{ г/см}^3 \\ \rho_3 &= 12.96 \text{ г/см}^3 \approx 13.0 \text{ г/см}^3\end{aligned}$$

Определим из графика радиусы слоев и поверхности планеты:

$$\begin{aligned}R_1 &= 6370 \text{ км} \\ R_2 &= 3480 \text{ км} \\ R_3 &= 1220 \text{ км}\end{aligned}$$

Определим массу внутреннего слоя он будет являться сферой заданного радиуса:

$$M_3 = \frac{4}{3} \pi R_3^3 \cdot \rho_3 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (1220 \cdot 10^5)^3 \cdot 13.0 = 9.9 \cdot 10^{25} \text{ г} = 9.9 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

Определим массу среднего слоя он будет являться разницей сфер заданного радиуса 2 и 3:

$$\begin{aligned}M_2 &= \left(\frac{4}{3} \pi R_2^3 - \frac{4}{3} \pi R_3^3 \right) \cdot \rho_2 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (3480^3 - 1220^3) \cdot 10^{15} \cdot 10.5 = 1.77 \cdot 10^{27} \text{ г} \\ &= 1.8 \cdot 10^{24} \text{ кг}\end{aligned}$$

Определим массу верхнего слоя он будет являться разницей сфер заданного радиуса 1 и 2:

$$\begin{aligned}M_1 &= \left(\frac{4}{3} \pi R_1^3 - \frac{4}{3} \pi R_2^3 \right) \cdot \rho_1 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (6370^3 - 3480^3) \cdot 10^{15} \cdot 4.2 = 3.81 \cdot 10^{27} \text{ г} \\ &= 3.8 \cdot 10^{24} \text{ кг}\end{aligned}$$

$$\text{Полная масса планеты получится - } M_1 + M_2 + M_3 = 3.8 \cdot 10^{24} + 1.8 \cdot 10^{24} + 9.9 \cdot 10^{22} \approx 5.7 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Правильное определение значений плотности, с точностью 0.2 г/см³ - 2 балла

Правильное определение значений радиуса границ изменения плотности по радиусу планеты 100 км - 2 балла.

Правильное определение массы ядра, как сферы заданного радиуса - 1 балл

Правильное определение среднего слоя, как разницы двух сфер - 1 балл

Правильное определение верхнего слоя, как разницы двух сфер - 1 балл

Правильное определение полной массы планеты - 1 балл

Итого за задания 8 баллов.

Задание №6

На первом этапе найдем расстояние от звезды Ран до Солнца. Его мы получим из годичного параллакса звезды. $r=1/p = 3.23$ пк.

Далее учтем, в случае круговых орбит, что максимальное видимое удаление Марса от Земли будет тогда, когда они будут по разные Стороны от Солнца на расстоянии $1+ 1.5 = 2.5$ а.е.

Используя определение параллакса получаем, что с расстояния в 3.23 пк радиус земной орбиты будет виден под углом 0.31". Следовательно, 2.5 а.е. буду видны под углом $2.5 \cdot 0.31 = 0.775''$ или примерно 0.78".

Ну и максимально возможное расстояние между землей и марсом составляет $1+1.5=2.5$ а.е., когда планеты находятся по разные стороны от Солнца. А Марс с Земли виден в соединении с Солнцем. Переведем расстояние в км - $2.5 \cdot 150$ млн км = 375 млн. км

Определение расстояния до звезды при помощи годичного параллакса - 3 балла

Определение значения максимального углового расстояния между Землей и Марсом при наблюдении со звезды Ран - 3 балла.

Определение максимального линейного расстояния между Землей и Марсом - 2.5 а.е. или 375 млн.км - 2 балла.

Итого за задание 8 баллов.