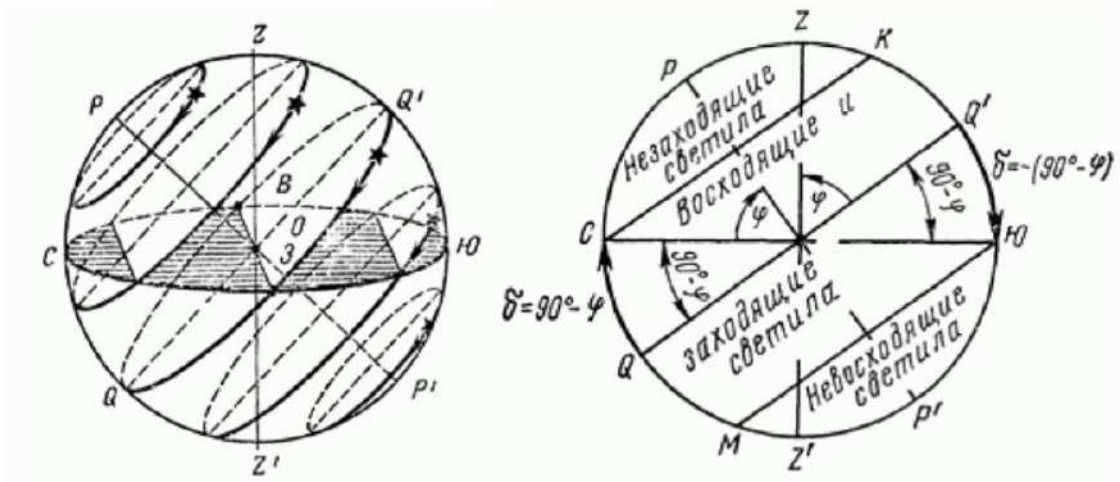


**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2021-2022 учебный год
АСТРОНОМИЯ
11 класс**

Критерии оценивания

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Задание №1



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 №2

Поскольку звезды - это звезды близнецы Солнца, положим, что их светимости одинаковы и равны Солнечным. Следовательно воспользовавшись формулой Погсона:

$$\frac{E_{18Sco}}{E_{HD71334}} = 10^{0.4(m_{HD71334}-m_{18Sco})} \Rightarrow \frac{E_{18Sco}}{E_{HD71334}} = \frac{L_{\odot}/4\pi R_{18Sco}^2}{L_{\odot}/4\pi R_{HD71334}^2} = \left(\frac{R_{HD71334}}{R_{18Sco}}\right)^2$$

Следовательно:

$$\frac{R_{HD71334}}{R_{18Sco}} = 10^{0.2(m_{HD71334}-m_{18Sco})} = 10^{0.2(m_{HD71334}-m_{18Sco})} = 10^{0.2(7.7-5.7)} = 2.512$$

Поскольку свет движется с постоянной скоростью, то и время движения света будет отличаться в 6.3 раза

Найдем расстояние до звезды 18 Скорпиона, взяв второй звездой для сравнения Солнце с 10 пк, т.е. расстояние с которого Солнце видно как звезда 4.8^m :

$$\frac{E_{18Sco}}{E_{\odot}} = 10^{0.4(M_{\odot}-m_{18Sco})} \Rightarrow \frac{E_{18Sco}}{E_{\odot}} = \frac{L_{\odot}/4\pi R_{18Sco}^2}{L_{\odot}/4\pi R_{\odot}^2} = \left(\frac{10}{R_{18Sco}}\right)^2$$

Следовательно:

$$\frac{R_{18Sco}}{10} = 10^{-0.2(M_{\odot}-m_{18Sco})} \Rightarrow R_{18Sco} = 10^{1-0.2(M_{\odot}-m_{18Sco})} = 10^{1-0.2(4.8-5.7)} = 15.1 \text{ пк}$$

Найдем расстояние до звезды HD 71334, взяв второй звездой для сравнения Солнце с 10 пк, т.е. расстояние с которого Солнце видно как звезда 4.8^m :

$$\frac{E_{HD71334}}{E_{\odot}} = 10^{0.4(M_{\odot}-m_{HD71334})} \Rightarrow \frac{E_{HD71334}}{E_{\odot}} = \frac{L_{\odot}/4\pi R_{HD71334}^2}{L_{\odot}/4\pi R_{\odot}^2} = \left(\frac{10}{R_{HD71334}}\right)^2$$

Следовательно:

$$\frac{R_{HD71334}}{10} = 10^{-0.2(M_{\odot}-m_{HD71334})} \Rightarrow R_{HD71334} = 10^{1-0.2(4.8-7.7)} = 38 \text{ пк}$$

Вывод о том, что параметры звезд такие же как у Солнца - 1 балл

Правильное использование формулы Погсона или формулы абсолютной звездной величины для нахождения отношения расстояний - 1 балл

Правильное нахождение отношения расстояний - 1 балл

Правильное нахождение отношения времени прохождения света - 1 балл

Правильное нахождение расстояния до 18 Скорпиона, через формулу Погсона или абсолютной звездной величины - 2 балла

Правильное нахождение расстояния до HD71334, через формулу Погсона или абсолютной звездной величины - 2 балла.

Примечание:

Альтернативным верным путем решения является использование формулы абсолютной звездной величины и выражение из нее расстояния до звезды - оценивается в полной мере как верное:

$$m_* = M_{\odot} - 5 + 5 \lg R \Rightarrow R_* = 10^{1-0.4(M_{\odot}-m_*)}$$

Задание №3

На первом этапе вспомним, что главная задача для телескопа - собирать свет. А она зависит от площади собирающей поверхности. Следовательно, телескоп соберет во столько раз больше света, во сколько площадь его объектива больше площади зрачка человеческого глаза:

$$\frac{S_{\text{Телескопа}}}{S_{\text{Глаза}}} = \frac{\pi \frac{D^2}{4}}{\pi \frac{d^2}{4}} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \left(\frac{120}{6}\right)^2 = 400 \text{ раз}$$

На втором 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 $\Gamma=100$.

Верно найдено в сколько раз телескоп собирает больше - 400 раз - 2 балла
Связь оптической силы и фокусного расстояния линзы - 1 балл
Определение фокусных расстояний объектива и окуляра по 1 баллу за каждый - 2 балла
Определение длины телескопа 1.01 метра. - 2 балла.
Определение увеличения телескопа 100 - 1 балл.
Итого за задание 8 баллов.

Задание №4

На первом этапе найдем расстояние от звезды Ран до Солнца. Его мы получим из годового 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 $2.5*0.31=0.775''$ 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 - $2.5*150$ млн км = 375 млн. км.

Определение расстояния до звезды при помощи годового 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.

Примечание:

Если, в подсчете максимального расстояния между Землей и Марсом, учащийся ошибся и получил неверный ответ, но в диапазоне 0,5 - 5 а.е. А сам подсчет углового расстояния, используя определение параллакса, выполнил правильно (с теми данными, что получены ранее) часть решения за подсчет углового расстояния (3 балла) оценивается полностью. А часть (2 балла), за подсчет расстояния, не оценивается.

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 плотностей:

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

Определим из графика радиусы слоев и поверхности планеты:

$$R_1 = 6370 \text{ км}$$

$$R_2 = 3480 \text{ км}$$

$$R_3 = 1220 \text{ км}$$

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:

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

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

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

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

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

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