

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
2020-2021 учебный год
АСТРОНОМИЯ 11 класс
Критерии оценивания
Задача 1 “Астероид”**

Некоторый астероид, имеющий прямое вращение по круговой орбите вокруг Солнца, в плоскости орбиты Земли, 25 сентября 2020 года вступил в противостояние с Солнцем, при наблюдении с Земли.

Определите:

- 1) Когда такое случится в следующий раз, если его период обращения равен 3 года?
- 2) Какое расстояние будет между астероидом и Землей в момент противостояния?
- 3) Определите расстояние до астероида через 1.5 года. (8 баллов)

Решение:

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 повториться. Значит расстояние будет снова 1.08 ае.

Критерии оценивания:

- 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

Задание №2 “Звезды-близнецы”

Две звезды-близнеца Солнца - 18 Скорпиона и HD 71334 (созвездие Кормы) имеют звездные величины 5.7m и 7.7m. Определите: 1) Во сколько раз звезда 18 Скорпиона ближе к Земле, чем HD 71334. 2) Во сколько раз свет от 18 Скорпиона идет меньше, чем от HD 71334. 3) Каково расстояние до каждой из этих звезд в пк, если абсолютная звездная величина Солнца составляет 4.8m. Межзвездным поглощением пренебречь.

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:

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

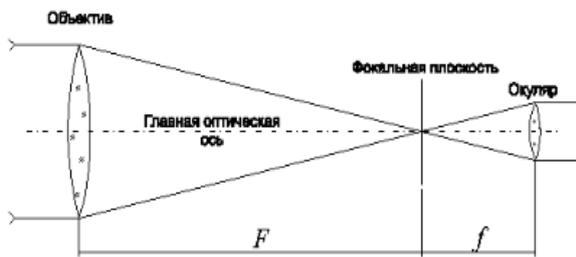
Активация Wi
Чтобы активировать
раздел "Параметр

Критерии оценивания:

- 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:

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



Задание №3 “Труба Кеплера” Вам дана схема классического телескопа рефрактора и формула увеличения $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$, D - диаметр телескопа (входного пучка), F - фокус объектива, f - фокус окуляра, D - диаметр входного пучка, d - диаметр выходного пучка. Оптическая сила объектива 1 дптр, а окуляра — 100 дптр. Диаметр объектива телескопа составляет 12 см.

Диаметр зрачка глаза ночью составляет 6 мм. Определите:

- 1) Во сколько раз этот телескоп собирает больше света, чем человеческий глаз?
- 2) Чему равна общая длина трубы телескопа?
- 3) Чему равно увеличение этого телескопа?

Решение:

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 $\Gamma=100$.

Активация V

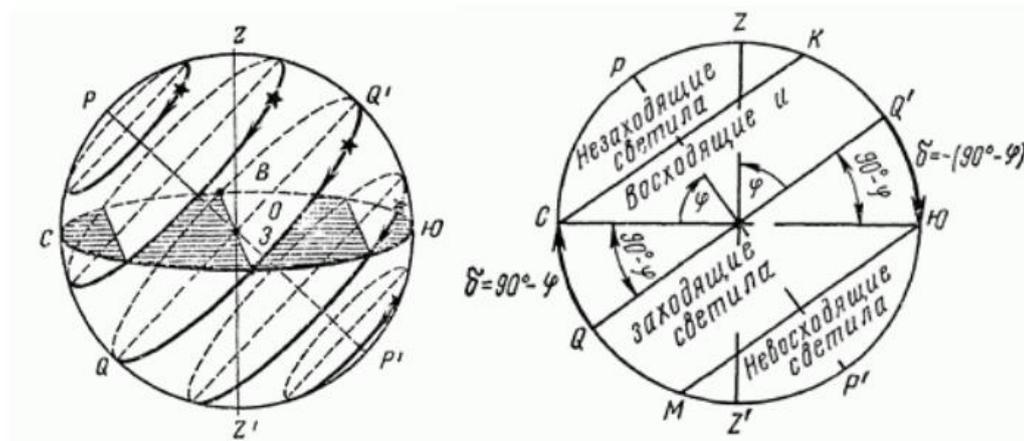
Критерии оценивания:

- Верно найдено во сколько раз телескоп собирает больше света.....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.....2 балла.
- Определение увеличения телескопа.....1 балл.

Задача 4 “Две звезды”

Определите широты мест наблюдения, где звезды Капелла α Aur, склонение $\delta_K=45^\circ 59'$ и Бетельгейзе α Ori, склонение $\delta_B=7^\circ 24'$.

- 1) Одновременно являются невосходящими.
- 2) Одновременно незаходящими. (8 баллов)



Решение:

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.

Критерии оценивания:

- Запись условия для невосходящих светил.....1 балл.
- Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не восходят по..... 1 балл.
- 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.

Активация Win
Чтобы активировать
ваше "Параметры"

Задание №5 “Соседи”

Звезда Ран (ε Эридана), является третьей из ближайших звёзд (не считая Солнца), видимых без телескопа и имеет параллакс 0.31”.

Определите:

- 1) расстояние до звезды в парсеках.
- 2) максимальное угловое расстояние между Марсом и Землёй, при наблюдении с этой звезды.
- 3) максимальное возможное линейное расстояние между Землей и Марсом. Орбиты планет считать круговыми.

Решение:

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. будут 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.

Критерии оценивания:

- 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