

Задачи муниципального этапа по астрономии 2022-2023

9 класс

Предлагается 6 заданий.

Рекомендуемое в приказе время проведения олимпиады 120 минут.

Максимальное количество баллов за олимпиаду в 9 классе 45.

1. Условие. Рассчитайте риски космической миссии. Если фрагмент космического мусора повредил бы один из восемнадцати сегментов зеркала составного объектива космического телескопа им. Дж Уэбба, насколько упала бы его проникающая способность в звездных величинах?

1. Решение.

Световой поток, собираемый зеркалом, пропорционален его площади S .

Соответственно, потоки будут пропорциональны: в случае целого зеркала

$I_1 \sim 18S$, с поврежденным сегментом $I_1 \sim 17S$.

Воспользуемся формулой Погсона

$$\frac{I_2}{I_1} = 2.512^{m_1 - m_2}.$$

$$\text{или } m_1 - m_2 = -\log_{2.512} \frac{I_1}{I_2} = -2.5 \lg \frac{I_1}{I_2} = 2.5 \lg \frac{17}{18} = -0.06$$

Ответ: возможности телескопа упадут примерно на 0.1 звездной величины.

1. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **6**. Указание, что световой поток, собираемый зеркалом, пропорционален его площади - 2 балла, правильная запись формулы Погсона - 2 балла, правильные вычисления – 2 балла.

2.Условие. Во сколько раз глубже во Вселенную позволит заглянуть телескоп имени Дж Уэбба, имеющий 18 зеркал общей площадью $S=25.4\text{м}^2$ по сравнению с телескопом имени Хаббла, диаметр зеркала которого $D=2.4\text{м}$.

2. Решение.

Площадь зеркала телескопа Хаббла $S = \frac{\pi D^2}{4} = 4.5 \text{ м}^2$.

Следовательно, телескоп Уэбба собирает света в $\frac{25.4}{4.5} = 5.6$ раз больше.

Но так как поток ослабевает пропорционально квадрату расстояния, то получим увеличение расстояния $\Delta d = 5.6^{1/2} \sim 2.4$ раза.

Ответ: Дж. Уэбб может исследовать объекты, находящиеся в 2.4 раза дальше.

2. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **4**. Оценка площади зеркала Хаббла - 1 балл.

Оценка во сколько раз телескоп Уэбба собирает больше света – 1 балл.

Указание, что поток ослабевает пропорционально квадрату расстояния – 1 балл.

Оценка увеличения расстояния – 1 балл

3. Условие.

Управляющий марсоходом оператор посылает аппарату радиосигнал и ждет ответа о принятой и исполненной команде, чтобы послать следующую команду. Каково время ожидания, когда Марс находится в противостоянии и когда в соединении? Из наблюдений установлено, что синодический период обращения Марса равен $S_{\text{синод}} = 2.135 \text{ лет}$.

3. Решение.

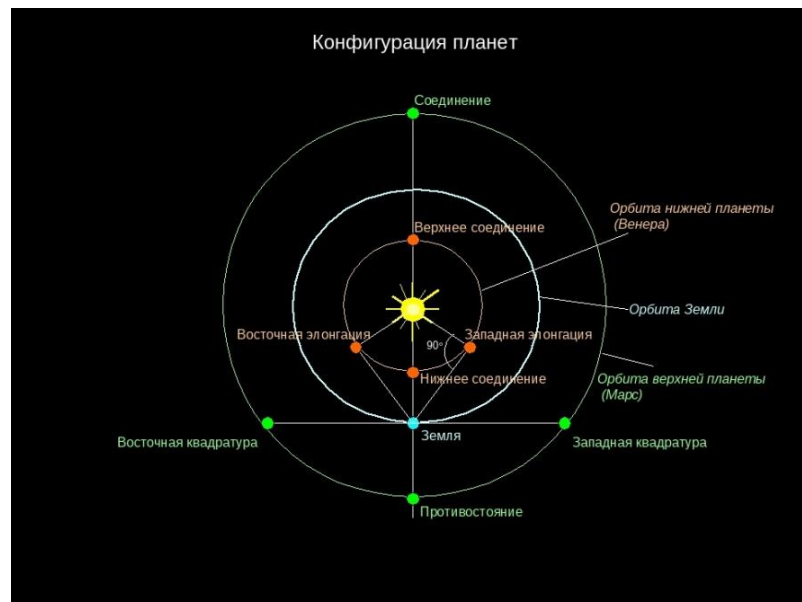


Рис. Конфигурации планет.

Определим сидерический период обращения Марса $P_{\text{Марс}}$, поскольку именно он используется в законе Кеплера.

Для внешней планеты имеем

$$\frac{1}{S_{\text{синод}}} = \frac{1}{T_{\text{Зем}}} - \frac{1}{P_{\text{Марс}}}, \text{ отсюда } P_{\text{Марс}} = \frac{ST}{S - T} = \frac{2.135}{(2.135 - 1)} = 1.88 (\text{лет}).$$

По закону Кеплера вычисляем полуось марсианской орбиты

$$\frac{T_{\text{Зем}}^2}{P_{\text{Марс}}^2} = \frac{a_{\text{Зем}}^3}{a_{\text{Марс}}^3}$$

$$\text{Отсюда } a_{\text{Марс}} = \frac{P_{\text{Марс}}^2 \cdot a_{\text{Зем}}^3}{T_{\text{Зем}}^2} = 1.52 \text{ а.е.}$$

Тогда минимальное расстояние, в противостоянии с Землей, будет

$$d = 1.52 \text{ а.е.} - 1 \text{ а.е.} = 0.52 \text{ а.е.},$$

а максимальное, в соединении, $D = 1.52 \text{ а.е.} + 1 \text{ а.е.} = 2.52 \text{ а.е.}$

Вычислим время двойного прохождения луча:

в первом случае $t = 520 \text{ сек} = 8.7 \text{ мин}$;

во втором случае $t = 2520 \text{сек} = 42 \text{мин}$.

Следует отметить, что в соединении Марс будет находиться за Солнцем и в это время радиосвязь с ним будет затруднена или даже невозможна.

Ответ: время ожидания в противостоянии – 8.7 мин, в соединении – 42 мин.

3. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **10**.

Формула сидерического периода обращения Марса – 3 балла.

Числовая оценка сидерического периода обращения Марса – 2 балла.

Правильная запись закона Кеплера – 1 балл.

Вычисление полуоси марсианской орбиты – 1 балл.

Вычисление минимального расстояния, в противостоянии с Землей – 1 балл.

Вычисление максимального расстояния, в соединении с Землей – 1 балл.

Вычисление времени двойного прохождения луча в двух случаях – 1 балл.

4. Условие. Звезда Денеб находится на расстоянии 1412 св. лет и имеет видимую звездную величину 1.25. Определить во сколько раз Денеб превосходит по светимости Солнце.

4. Решение.

Чтобы определить, во сколько раз Денеб превосходит Солнце по светимости, надо обе звезды расположить на одинаковом расстоянии и сравнить получаемые от них потоки энергии. Вычислим абсолютную звездную величину Денеба.

$$M_D = m + 5 - 5 \lg p = 1.25 + 5 - 5 \lg(1412 \cdot 0.3) = -6.88 \quad (\text{здесь использовалось, что } 1 \text{ св. год} = 0.3 \text{ пк})$$

$$M_C = +4.83$$

Сравним получаемые потоки от звезды и от Солнца, используя закон Погсона

$$\frac{L_D}{L_C} = 2.512^{M_C - M_D} = 2.512^{4.83 + 6.88} = 2.512^{11.71} = 48331.5 \text{ (раз)}$$

Ответ: светимости Денеба и Солнца отличаются почти в **50000** раз.

4. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи - **6**. Вычисление абсолютной звездной величины Денеба - 3 балла. Сравнение получаемых потоков от звезды и от Солнца, используя закон Погсона - 3 балла.

5. Условие. Юпитер вступил в противостояние в день осеннего равноденствия. Нарисовать схему расположения Земли, Юпитера, узлов орбиты. Каковы его экваториальные координаты? Когда наступит следующее противостояние? Как изменятся при этом его экваториальные координаты?

5. Решение.

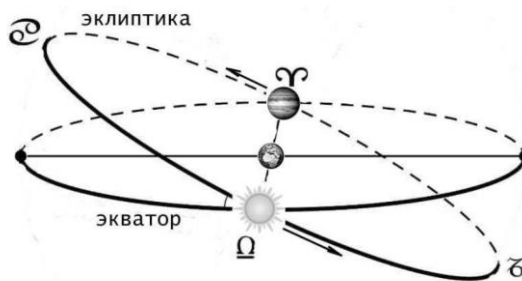


Рис. Расположение Солнца, Земли и Юпитера в противостоянии в день равноденствий.

В день осеннего равноденствия Солнце находилось на небесной сфере в нисходящем узле эклиптики с координатами: прямое восхождение 12 часов, склонение 0° .

Юпитер в противостоянии находился в противоположной точке - в восходящем узле эклиптики с координатами: прямое восхождение 0 часов, склонение 0° .

Юпитер - внешняя планета и его следующее противостояние произойдет через синодический период $S_{Ю}$, определяемый через сидерические периоды Земли T_3 и Юпитера $T_{Ю}$ по формуле

$$\frac{1}{S_{Ю}} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_{Ю}}$$

$$S_{Ю} = \frac{T_3 T_{Ю}}{T_{Ю} - T_3} = \frac{1 \cdot 11.9}{(11.9 - 1)} = 1.1 \text{ (года)}$$

Следующее противостояние произойдет, примерно, на месяц позже дня осеннего равноденствия. За это время Солнце переместится по эклиптике против часовой стрелки в сторону положения дня зимнего солнцестояния, прямое восхождение будет уменьшаться, склонение - увеличивать отрицательное значение.

Юпитер в противоположной точке уйдет из точки весеннего равноденствия, увеличив прямое восхождение, примерно, на 0.1 окружности эклиптики, т. е. на 2.4 часа, а склонение увеличит положительное склонение.

5. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – **12**.

Изображение расположения Солнца, Земли и Юпитера в противостоянии в день равноденствий - 2 балла.

Указание координаты Солнца в день осеннего равноденствия - 2 балла.

Указание координат Юпитера в противостоянии - 2 балла.

Определение времени следующего противостояния Юпитера через нахождение синодического периода - 3 балла.

Определение экваториальных координат Юпитера в момент следующего противостояния – 3 балла.

6. Условие. Белый карлик имеет массу $m_{\text{бк}} = 0.6 M_{\text{Sun}}$ (M_{Sun} - масса Солнца), светимость $L_{\text{бк}} = 0.001 L_{\text{Sun}}$ (L_{Sun} - светимость Солнца) и температуру поверхности $T_{\text{бк}} = 12000 \text{ K}$. Во сколько раз его средняя плотность выше солнечной?

6. Решение.

Светимость звезды по закону Стефана-Больцмана равна $L = 4\pi\sigma R^2 T^4$, откуда отношение радиусов белого карлика $R_{\text{бк}}$ к радиусу Солнца R_{Sun}

$$\frac{R_{\text{бк}}}{R_{\text{Sun}}} = \sqrt{\frac{L_{\text{бк}} T_{\text{Sun}}^4}{T_{\text{бк}}^4 L_{\text{Sun}}}} = \sqrt{0.001 \cdot 0.48^4} = 0.0073$$

Тогда отношение плотности карлика $\rho_{\text{бк}}$ к плотности Солнца ρ_{Sun} .

$$\frac{\rho_{\text{бк}}}{\rho_{\text{Sun}}} = \frac{m_{\text{бк}}}{m_{\text{Sun}}} \frac{R_{\text{Sun}}^3}{R_{\text{бк}}^3} = \frac{0.6}{0.0073^3} = 1.54 \cdot 10^6$$

Ответ: Плотность карлика в 1.5 миллиона раз выше плотности Солнца.

6. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 7.

Запись закона Стефана-Больцмана – 1 балл.

Выражение для отношения радиусов белого карлика к радиусу Солнца - 2 балла.

Вычисление отношения радиусов белого карлика к радиусу Солнца - 1 балл.

Выражение для отношения плотности карлика к плотности Солнца - 2 балла.

Вычисление отношения плотности карлика к плотности Солнца - 1 балл.