

Пермский край
2024-2025 учебный год
**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
11 КЛАСС**

Решения олимпиадных заданий и критерии их оценивания

Максимальная оценка за выполнение всех олимпиадных заданий – 50 баллов. Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Итоговая оценка за выполнение заданий определяется путём сложения суммы первичных баллов, набранных участником за выполнение заданий с **последующим приведением к 100-балльной системе**, т.е. набранные участниками суммарные первичные баллы умножаются на 2. Таким образом, максимально возможная оценка по итогам выполнения заданий муниципального тура олимпиады по астрономии **100 баллов**.

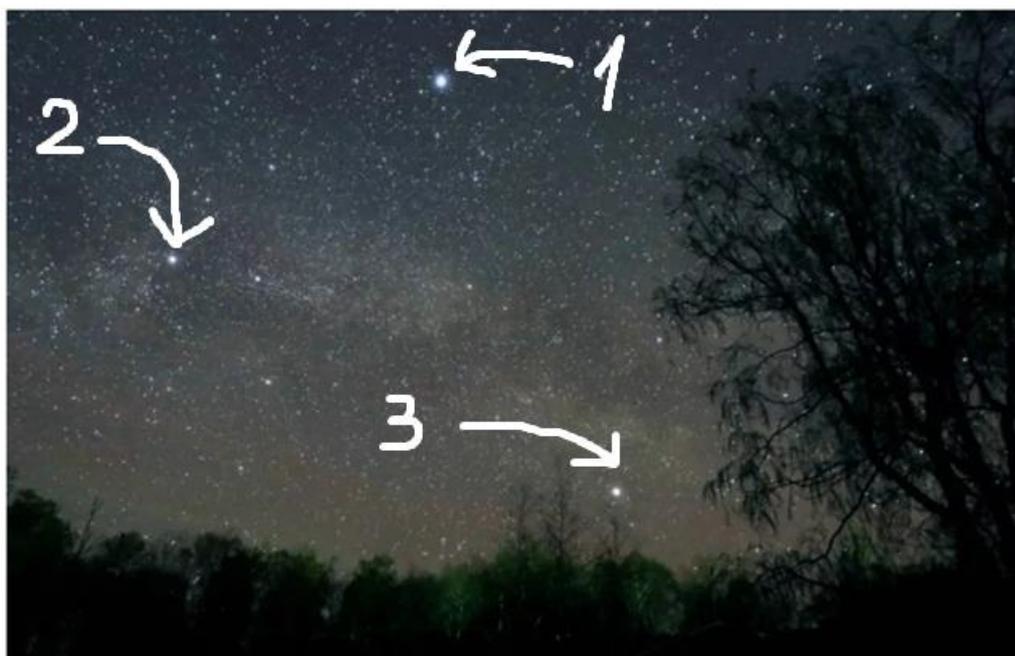
Задание 1. (8 баллов)

1) Ответ на пункт а) задания:

На рисунке представлен астеризм Летне-осенний треугольник (или просто Летний треугольник). Это наиболее заметный астеризм Северного полушария небесной сферы.

2) Ответ на пункт б) задания:

Обозначим на рисунке эти яркие звезды: 1 – Вега, 2 – Денеб, 3 – Альтаир.



3) Ответы на пункт в) задания:

Вега – созвездие Лиры, Денеб – созвездие Лебедя, Альтаир – созвездие Орла.

4) Ответ на пункт г) задания:

Как видно из названия астеризма, лучшее время для его наблюдения – лето и осень, когда треугольник находится по вечерам высоко в южной стороне неба. Участник олимпиады может указать в качестве ответа только летний сезон. В этом случае участнику выставляется тоже полный балл за данный пункт решения.

Оценивание.

- 1 пункт решения (правильное название астеризма) – 1 балл.
- 2 пункт решения (за каждое правильное название звезды и правильное указание её расположения на рисунке – по 1 баллу) – 3 балла.
- 3 пункт решения (за каждое правильное указание созвездий, в которых располагаются звезды – по 1 баллу) – 3 балла.
- 4 пункт решения (правильное указание сезона(ов)) – 1 балл.

Задание 2. (8 баллов)

- 1) 20 июня 2024 года произошло летнее солнцестояние.
- 2) Склонение Солнца в этот день $\delta = +23^{\circ}27'$.
- 3) Высота светила в нижней кульминации определяется по формуле:

$$h_{н.к.} = -90^{\circ} + (\varphi + \delta).$$

- 4) Найдем высоту Солнца в нижней кульминации ($\varphi = 58^{\circ}$):

$$h_{н.к.} = -90^{\circ} + (58^{\circ} + 23^{\circ}27') = -8^{\circ}33'.$$

В нижней кульминации Солнце окажется под горизонтом, но не слишком глубоко.

- 5) Навигационные сумерки наступают при высоте центра Солнца от -6° до -12° .
- 6) Астрономические сумерки наступают при высоте центра Солнца от -12° до -18° .
- 7) Значит, 20 июня 2024 года в Перми навигационные сумерки наступят, астрономические – нет.

Оценивание.

- 1 пункт решения (20 июня 2024 года – день летнего солнцестояния) – 1 балл.
- 2 пункт решения (склонение Солнца в день летнего солнцестояния) – 1 балл.
- 3 пункт решения (выражение для высоты светила в нижней кульминации) – 2 балла.
- 4 пункт решения (вычислено значение высоты Солнца в нижней кульминации) – 1 балл.
- 5 пункт решения (определение навигационных сумерек) – 1 балл.
- 6 пункт решения (определение астрономических сумерек) – 1 балл.
- 7 пункт решения (сформулирован правильный ответ) – 1 балл.

Задание 3. (8 баллов)

- 1) Перигелий – это ближайшая к Солнцу точка орбиты космического объекта.
- 2) Афелий – это наиболее удалённая точка орбиты.
- 3) Расстояние космического тела от Солнца в перигелии q определяется соотношением:

$$q = a \cdot (1 - e), \quad (1)$$

где a – большая полуось орбиты тела, e – ее эксцентриситет.

- 4) Расстояние космического тела от Солнца в афелии Q определяется соотношением:

$$Q = a \cdot (1 + e). \quad (2)$$

- 5) Из соотношений (1) и (2) можно выразить расстояние в афелии Q :

$$Q / q = (1 + e) / (1 - e) = 1,2 / 0,8 = 1,5.$$

Находим искомое расстояние Q :

$$Q = 1,5 \cdot q = 1,5 \cdot 2,8 \text{ а.е.} = 4,2 \text{ а.е.}$$

- 6) Видно, что орбита этого неизвестного космического объекта лежит между орбитами Марса ($\approx 1,5$ а.е.) и Юпитера ($\approx 5,2$ а.е.). В этой области располагается пояс астероидов. Поэтому, с высокой вероятностью, этот объект – астероид.

Оценивание.

- 1 пункт решения (определение перигелия) – 1 балл.

- 2 пункт решения (определение афелия) – 1 балл.
 3 пункт решения (соотношение для расстояния космического тела от Солнца в перигелии) – 2 балла.
 4 пункт решения (соотношение для расстояния космического тела от Солнца в афелии) – 2 балла.
 5 пункт решения (найденно расстояние Q) – 1 балл.
 6 пункт решения (сделано предположение о том, что это астероид) – 1 балл.

Задание 4. (8 баллов)

- 1) Расстояние до звезды r можно найти, зная годичный параллакс p'' :

$$r = 1 / p''.$$

- 2) Вычислим расстояние до Альтаира:

$$r = 1 / p'' = 1 / 0,195'' = \approx 5,13 \text{ парсек (пк)}.$$

- 3) Связь абсолютной звездной величины M , видимой звездной величины m и расстояния до звезды r в парсеках:

$$M = m + 5 - 5 \cdot \lg(r).$$

- 4) Подставляем числовые значения для Альтаира:

$$M = 0,77 + 5 - 5 \cdot \lg(5,13) \approx 2,22^m.$$

Оценивание.

- 1 пункт решения (выражение для расстояния до звезды) – 3 балла.
 2 пункт решения (найденно расстояние до Альтаира) – 1 балл.
 3 пункт решения (выражение для абсолютной звездной величины) – 3 балла.
 4 пункт решения (найденно значение M для Альтаира) – 1 балл.

Задание 5. (8 баллов)

- 1) Для оценивания расстояния от астероида Веста до Солнца будем использовать выражение для орбитальной скорости объекта, обращающегося по круговой орбите вокруг центрального тела массой M (в нашем случае это Солнце):

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \quad (1)$$

где $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ – гравитационная постоянная, r – радиус орбиты.

- 2) И Земля, и астероид обращаются вокруг Солнца. Т.е. центральное тело массой M для них одно и то же – Солнце.

- 3) Из справочных данных: радиус орбиты Земли $r_3 = 1$ а.е., средняя орбитальная скорость 29,8 км/с.

- 4) Из (1) выражаем r :

$$r = (GM / v^2).$$

- 5) Запишем отношение радиусов орбит для Весты и Земли:

$$r_B / r_3 = (GM / v_B^2) / (GM / v_3^2) = v_3^2 / v_B^2 = (v_3 / v_B)^2.$$

- 6) Отсюда можем оценить средний радиус орбиты для Весты:

$$r_B = (v_3 / v_B)^2 * r_3 = (29,8 / 19,3)^2 * 1 \text{ а.е.} = \approx 2,4 \text{ а.е.}$$

Оценивание.

- 1 пункт решения (выражение для орбитальной скорости (1)) – 2 балла.
 2 пункт решения – 1 балл.
 3 пункт решения (представлены данные для Земли) – 1 балл.

4 пункт решения (выражение для r) – 1 балл.

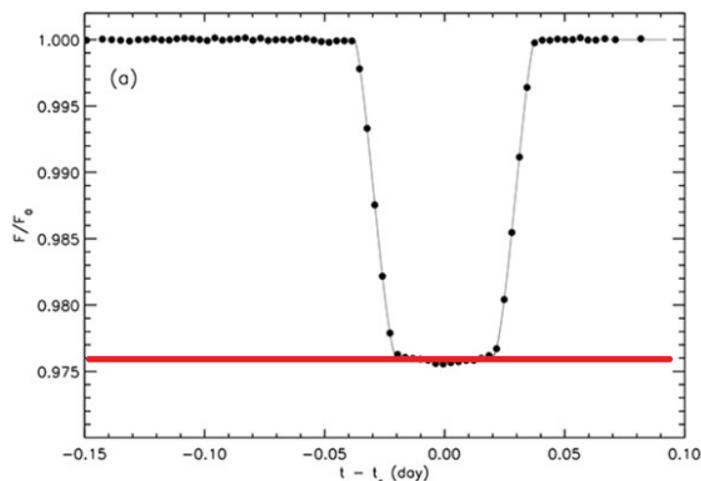
5 пункт решения (выражение для отношения радиусов) – 2 балла.

6 пункт решения (найден искомый радиус Весты) – 1 балл.

Задание 6. (10 баллов)

1) Из кривой блеска можно извлечь важный параметр δ – относительное падение интенсивности излучения при прохождении экзопланеты по диску звезды.

Определяем из кривой блеска минимальное значение относительной интенсивности δ_{\min} :



$$\delta_{\min} = \approx 0,976.$$

2) δ определяется как разность относительной интенсивности в максимуме ($\delta_{\max} = 1$) и интенсивности в минимуме:

$$\delta = 1,000 - 0,976 = 0,024.$$

3) Блеск звезды пропорционален площади, с которой происходит излучение.

4) Отношение площади диска планеты S_{Π} к площади диска звезды S_3 определяет долю «потерянной» интенсивности. Иначе говоря (с учетом того, что $S = \pi R^2$)

$$S_{\Pi} / S_3 = R_{\Pi}^2 / R_3^2 = \delta = 0,024.$$

5) Или

$$R_3 / R_{\Pi} = \delta^{-1/2} = \approx 6,45.$$

$$R_{\Pi} = R_3 / 6,45.$$

6) Из справочных данных определяем радиус Солнца $R_{\text{Сол}}$:

$$R_{\text{Сол}} = R_3 = 697\,000 \text{ км.}$$

7) Находим радиус экзопланеты:

$$R_{\Pi} = R_3 / 6,45 = R_{\Pi} = R_{\text{Сол}} / 6,45 = 697\,000 \text{ км} / 6,45 = 108\,062 \text{ км} \approx 108 \cdot 10^3 \text{ км.}$$

Оценивание.

1 пункт решения (определен δ_{\min}) – 1 балл.

2 пункт решения (найдено относительное падение интенсивности излучения) – 2 балла.

3 пункт решения (связь блеска с площадью поверхности) – 2 балла.

4 пункт решения (выражение для отношения площадей) – 2 балла.

5 пункт решения (выражение для отношения радиусов) – 1 балл.

6 пункт решения (радиус Солнца из справочной информации) – 1 балл.

7 пункт решения (правильное определение радиуса экзопланеты) – 1 балл.