

Пермский край
2024-2025 учебный год
**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
10 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: расположение звезды Бетельгейзе на фотографии указано белой стрелкой.



2) Ответ на пункт б) задания: Бетельгейзе – звезда, красный сверхгигант, который находится в созвездии Ориона (α Ориона).

3) Ответы на пункт в) задания: Бетельгейзе находится в незодиакальном созвездии, то есть достаточно далеко от эклиптики. Видимое движение планет (например, Венеры) приходится на эклиптику. Видимое движение Луны приходится на эклиптику с разбросом в 5° . Кометы и искусственные спутники Земли не привязаны к определенной плоскости.

Поэтому правильные ответы: *искусственный спутник Земли* и *комета*.

Оценивание.

1 пункт решения (правильно указано расположение звезды на фотографии) – 2 балла.

2 пункт решения (правильное название созвездия) – 2 балла.

3 пункт решения (за каждый правильный ответ по 1 баллу (искусственный спутник Земли – 1 балл, комета – 1 балл), за наличие аргументированного пояснения ответов – дополнительные 2 балла) – 4 балла.

Задание 2. (8 баллов)

- 1) В полдень по местному времени Солнце находится в верхней кульминации.
- 2) Высота светила в верхней кульминации (Солнце в полдень) находится по известной формуле

$$h = (90^\circ - \varphi) + \delta,$$

где φ – широта места наблюдения, а δ – склонение светила.

- 3) В 2024 году день осеннего равноденствия приходится на 22 сентября.
- 4) Склонение Солнца в день осеннего равноденствия равно нулю: $\delta = 0^\circ$.
- 5) Значит, высота верхней кульминации Солнца будет равна (географическая широта столицы Прикамья Перми $\varphi = 58^\circ$)

$$h = (90^\circ - \varphi) = 90^\circ - 58^\circ = 32^\circ.$$

Оценивание.

- 1 пункт решения – 1 балл.
- 2 пункт решения (формула для высоты светила в верхней кульминации) – 2 балла.
- 3 пункт решения – 2 балла.
- 4 пункт решения – 2 балла.
- 5 пункт решения (найдена искомая высота) – 1 балл.

Задание 3. (8 баллов)

- 1) При удалении от источника света его блеск меняется обратно пропорционально квадрату расстояния.
- 2) Расстояние от Земли до Солнца:

$$R_3 = 1 \text{ а.е.}$$

- 3) Из справочной информации определяем расстояния от Нептуна до Солнца:

$$R_H \approx 30 \text{ а.е.}$$

- 4) Следовательно, при наблюдении с Нептуна блеск Солнца будет меньше в $(30 / 1)^2 = 900$ раз.

Оценивание.

- 1 пункт решения (блеск меняется обратно пропорционально квадрату расстояния) – 3 балла.
- 2 пункт решения (расстояние от Земли до Солнца) – 1 балл.
- 3 пункт решения (расстояние от Нептуна до Солнца) – 2 балла.
- 4 пункт решения (получен правильный ответ) – 2 балла.

Задание 4. (8 баллов)

- 1) Определяем массу карликовой планеты Церера:

$$M = \rho \cdot V = \rho \cdot (4/3)\pi R^3 = 2160 \text{ кг/м}^3 \cdot (4/3) \cdot 3,14 \cdot (463,5 \cdot 10^3)^3 \text{ м}^3 \approx 900 \cdot 10^{18} \text{ кг.}$$

- 2) Определяем ускорение свободного падения на поверхности Цереры (гравитационная постоянная $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$):

$$g = (G \cdot M) / R^2 = (6,672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 900 \cdot 10^{18} \text{ кг}) / (463,5 \cdot 10^3)^2 \text{ м}^2 \approx 0,28 \cdot \text{м/с}^2.$$

- 3) Поскольку высота тел в момент падения много меньше радиуса астероида ($h \ll R$), мы можем считать ускорение свободного падения постоянным в течение всего падения.

4) Следовательно, можем применить стандартную формулу для равноускоренного движения в предположении свободного падения с начальной нулевой скоростью:

$$h = (g t^2)/2.$$

5) Искомое время падения t :

$$t = (2h / g)^{1/2} = (2 \cdot 2 \text{ м} / 0,28 \cdot \text{м/с}^2)^{1/2} \approx 3,8 \text{ с}.$$

Оценивание.

1 пункт решения (определена масса Цереры) – 2 балла.

2 пункт решения (найдено ускорение свободного падения) – 2 балла.

3 пункт решения (предположение, что $g = \text{const}$) – 1 балла.

4 пункт решения (формула для равноускоренного движения в предположении свободного падения) – 2 балла.

5 пункт решения (найдено искомое время падения) – 1 балл.

Задание 5. (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 (найдено расстояние до Альтаира) – 1 балл.

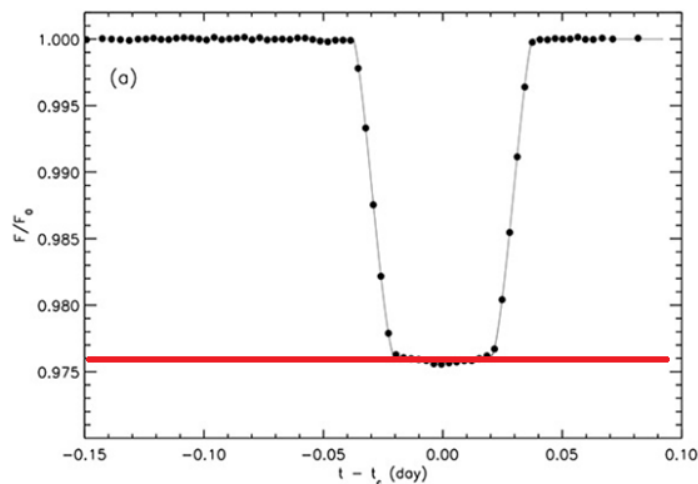
3 пункт решения (выражение для абсолютной звездной величины) – 3 балла.

4 пункт решения (найдено значение M для Альтаира) – 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 $\delta_{\text{мин}}$:



$$\delta_{\text{мин}} \approx 0,976.$$

2) δ определяется как разность относительной интенсивности в максимуме ($\delta_{\text{макс}} = 1$) 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 $S_{\text{П}}$ к площади диска звезды $S_{\text{З}}$ определяет долю «потерянной» интенсивности. Иначе говоря (с учетом того, что $S = \pi R^2$)

$$S_{\text{П}} / S_{\text{З}} = R_{\text{П}}^2 / R_{\text{З}}^2 = \delta = 0,024.$$

5) Или

$$R_{\text{З}} / R_{\text{П}} = \delta^{-1/2} = \approx 6,45.$$

$$R_{\text{П}} = R_{\text{З}} / 6,45.$$

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

$$R_{\text{СОЛ}} = R_{\text{З}} = 697\,000 \text{ км}.$$

7) Находим радиус экзопланеты:

$$R_{\text{П}} = R_{\text{З}} / 6,45 = R_{\text{П}} = R_{\text{СОЛ}} / 6,45 = 697\,000 \text{ км} / 6,45 = 108\,062 \text{ км} \approx 108 \cdot 10^3 \text{ км}.$$

Оценивание.

1 пункт решения (определен $\delta_{\text{мин}}$) – 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.