

## Ключи ответов

*Решение каждого задания оценивается по 8-балльной системе. Альтернативные способы решения задачи, не учтенные составителями задач в рекомендациях, при условии их правильности и корректности также оцениваются в полной мере. Ниже представлена общая схема оценивания решений.*

- 0 баллов — решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;
- 1 балл — правильно угадан бинарный ответ («да-нет») без обоснования;
- 1–2 балла — попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;
- 2–3 балла — правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;
- 3–6 баллов — задание частично решено;
- 5–7 баллов — задание решено полностью с некоторыми недочетами;
- 8 баллов — задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов (оценка за задание более 8 баллов) на муниципальном этапе не допускается. Общая оценка за весь этап получается суммированием оценок по каждому из заданий. Таким образом, максимальная оценка за весь муниципальный этап составляет 48 балла.

1. При наблюдении за Солнцем, на нём можно обнаружить пятна. Если между наблюдателем и Солнцем окажется планета, то на фоне светила заметно «пятнышко». Как отличить, что наблюдается солнечное пятно или планета?

### **Решение:**

По внешнему виду бывает трудно отличить небольшое круглое солнечное пятно от диска планеты на фоне Солнца. Но, в отличие от диска планеты, у солнечного пятна можно обнаружить полутень. Главное, за малый промежуток времени наблюдений, солнечное пятно практически не переместится, а планета за это время заметно передвинется по диску Солнца.

2. При подъёме звезды над горизонтом кажется, что её яркость увеличивается. Объяснить причину наблюдаемого явления.

### **Решение.**

Атмосфера Земли поглощает свет звезд. Поглощение тем больше, чем больше расстояние в атмосфере проходит свет. Чем выше поднимается звезда над горизонтом, тем меньший путь в атмосфере проходит её свет, следовательно, тем меньше света поглощается и звезда кажется более яркой.

3. Некоторое шаровое скопление радиуса 5 пк, состоит из 75 000 звёзд. Предположим, что Солнце, вместе со своей планетной системой, влетело в это скопление. Определить, сколько звезд в небе Земли будут иметь годичный параллакс больше 0,4".

### **Решение:**

Определим концентрацию звезд в скоплении:  $n = N_0/V = 3N_0 / 4\pi R^3$ .

$$n = 3 \times 75\,000 / 4 \times 3,14 \times 10^3 \approx 18 \text{ пк}^{-3}.$$

Расстояние  $l$  до звезды, имеющей годичный параллакс  $0,4''$  составляет  $1/0,4$  пк ( $l = 2,5$  пк). Звёзды, имеющие больший годичный параллакс, расположены ближе к наблюдателю (к Земле). Учитывая концентрацию звёзд в скоплении, количество искомым звёзд в шаре радиуса  $l$  составляет:  $N = n (4\pi l^3/3) = N_0(l/R)^3$ .

$$N = 75\,000 \times (2,5/5)^3 = 9\,375.$$

4. Определить увеличение телескопа и диаметр его объектива, чтобы при наблюдении в него Венера была такой же величины, как Луна, видимая невооружённым глазом? Видимый диаметр Венеры составляет  $40''$ . При расчётах можно принять расстояние от Земли до Луны  $384$  тыс.км, радиус Луны  $1,737$  тыс.км, а диаметр зрачка человеческого глаза  $0,6$  см.

**Решение.**

Определим видимый диаметр Луны:  $2 \times 1,737/384 \approx 0,009$  рад.  $\approx 31'$ .

Необходимое увеличение  $\Gamma = 31'/40'' = 46,5$ , а диаметр объектива телескопа  $D = 46,5 \times 0,6 \text{ см} \approx 30 \text{ см}$ .

5. Определить температуру на поверхности звезды  $\alpha$ -Волопаса (Арктур), считая её радиус равным  $25$  радиусам Солнца, а светимость превышает светимость Солнца в  $140$  раз.. Значение температуры на поверхности Солнца принять равной  $6\,000$  К.

**Решение.**

Согласно закону Стефана-Больцмана, светимость звезды пропорциональна квадрату её радиуса и четвёртой степени температуры. Поэтому, поверхность Арктура имеет температуру  $T = T_{\odot} \sqrt[4]{(L/L_{\odot})/(R/R_{\odot})^2}$

$$T = 6\,000 \sqrt[4]{(140)/(25)^2} \approx 4\,100 \text{ К}.$$

6. Одними из тел солнечной системы являются астероиды. Из-за малости их размеров, силы гравитационного притяжения на них невелики. С какой скоростью надо бежать по поверхности астероида диаметром  $10$  км чтобы развить первую космическую скорость? Принять форму астероида близкой к сферической. Его плотность считать равной  $3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ , а собственным вращением астероида пренебречь. При расчётах можно принять  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$ ;  $\pi \approx 3,14$ .

**Решение.**

Согласно закону всемирного тяготения и воспользовавшись вторым законом

Ньютона, можно записать, что  $m \frac{v^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$ . Тогда,  $v_1 = \sqrt{GM/R} = \sqrt{2GM/d}$ .

Учтя, что  $M = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 = \rho \frac{\pi d^3}{6}$ , имеем:  $v_1 = d \sqrt{\rho G \pi / 3}$

$$v_1 \approx 10^4 \sqrt{3 \cdot 10^3 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 3,14 / 3} \approx 4,6 (\text{м/с}).$$