

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. Проводя наблюдение за Солнцем, на нём можно увидеть пятна. Когда между наблюдателем и Солнцем оказывается 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. Вычислите линейный размер солнечного пятна, если его угловой размер равен $17,6''$. Линейный и угловой размеры Солнца соответственно равны $13,92 \cdot 10^5$ км, $32'$.

Решение:

$$D_{\text{п}}/d_{\text{п}} = D_{\text{с}}/d_{\text{с}} \qquad D_{\text{п}} = D_{\text{с}} \cdot d_{\text{п}}/d_{\text{с}}$$

$$D_{\text{п}} = 13,92 \cdot 10^5 \text{ км} \cdot 17,6''/(32 \cdot 60'') = 12\,760 \text{ км.}$$

3. 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 5 км чтобы развить первую космическую скорость? Принять форму астероида близкой к сферической. Его плотность считать равной $3 \cdot 10^3$ кг/м³, а собственным вращением астероида пренебречь. При расчётах можно принять $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг²; $\pi \approx 3,14$.

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: $v_1 = d \sqrt{\rho G \pi / 3}$

$$v_1 \approx 5 \cdot 10^3 \sqrt{3 \cdot 10^3 \times 6,67 \cdot 10^{-11} \times 3,14 / 3} \approx 2,3(\text{м/с}).$$

4. Линия водорода с длиной волны 434,00 нм на спектрограмме звезды оказалась равной 434,12 нм. К нам или от нас движется звезда и с какой скоростью? Справочно: скорость света $c = 3 \cdot 10^5$ км/с.

Решение.

При малых красных смещениях ($\Delta\lambda/\lambda_0 \ll 1$) скорость объекта может быть найдена по формуле Доплера: $v = c \cdot (\Delta\lambda/\lambda_0)$, где $c = 3 \cdot 10^5$ км/с — скорость света.

$$v = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot (434,12 - 434,00) / 434,00 \approx 83 \text{ км/с}.$$

Так как $\Delta\lambda = 434,12 - 434,00 = 0,12$ (нм) > 0 , то звезда удаляется.

5. Поверхность Солнца близка по своим свойствам к абсолютно чёрному телу. Определите температуру солнечной поверхности и мощность излучения единицы поверхности, если максимум лучеиспускательной способности приходится на длину волны 0,48 мкм.

Решение.

Используя законы Вина и Стефана–Больцмана ($\lambda_{\max} = 2,9 \cdot 10^{-3} / T$, $i = \sigma \cdot T^4$), имеем:
 $T = (2,9 \cdot 10^{-3}) / (0,48 \cdot 10^{-6}) \approx 6000$ Л. $i = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (6 \cdot 10^3)^4 \approx 7,3 \cdot 10^7$ Вт/м²/

6. Как меняется солнечная постоянная на Марсе по сравнению с Землей из-за эллиптичности его орбиты. Для Земли, удалённой от Солнца на расстоянии 150 млн.км, солнечная постоянная равна 1400 Вт/м². Перигелий орбиты Марса 206 млн.км, афелий 249 млн.км.

Решение.

На расстоянии равном радиусу орбиты Земли $R_3 = 150 \cdot 10^6$ км солнечная постоянная равняется 1400 Вт/м². Так как на расстоянии R вся энергия излучения Солнца E распределяется по сфере с площадью $S = 4\pi R^2$, то когда Марс проходит перигелий

$$E = S_3 K_3 = S_{МП} K_{МП}, \quad K_{МП} = \frac{S_3 K_3}{S_{МП}},$$

$$K_{МП} = \frac{4\pi R_3^2 K_3}{4\pi R_{МП}^2} = \frac{R_3^2}{R_{МП}^2} K_3 = \left(\frac{150 \cdot 10^6}{206 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot 1400 = 740 \text{ Вт/м}^2.$$

$$\text{Аналогично для афелия Марса: } K_{МА} = \frac{R_3^2}{R_{МА}^2} K_3 = \left(\frac{150 \cdot 10^6}{249 \cdot 10^6} \right)^2 \cdot 1400 = 510 \text{ Вт/м}^2$$

Ответ: $K_{МП} = 740 \text{ Вт/м}^2$, $K_{МА} = 510 \text{ Вт/м}^2$