

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Муниципальный этап

2024/25 учебный год

Ключи к задачам

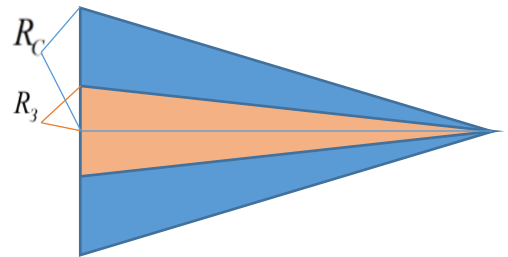
10 класс

Задание 1. (§ 4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний)

Сравните размеры Солнца и Земли при условии, что известны только его параллакс и видимый угловой радиус ($16'$).

Решение

1. (4 балла, по 2 балла за понимание смысла каждого угла (в том числе при наличии верного рисунка)). Из справочных данных находим, что средний горизонтальный параллакс Солнца равен $p = 8.794''$ – это величина углового радиуса Земли, видимая с Солнца, а $\alpha = 16'$ – величина радиуса Солнца, с точки зрения наблюдателя на Земле.



2. (4 балла, 2 балла – формула, 2 балла – ответ). Рассмотрим два треугольника: у одного сторонами является радиус Земли и отрезки, соединяющие концы радиуса Земли с центром Солнца, а у другого радиус Солнца и отрезки, соединяющие концы радиуса Солнца с центром Земли. Тогда $\frac{R_c}{R_z} = \frac{\alpha}{p} \approx 110$.

Ответ: Радиус Солнца примерно в 110 раз больше радиуса Земли

Задание 2. (§ 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит))

Согласно одной из теорий, на активность Солнца существенный вклад вносят планеты Солнечной системы. Так, статистические результаты, опубликованные в журнале Solar Physics (<https://doi.org/10.1007/s11207-021-01822-4>) показали корреляцию 11-летней солнечной активности (цикл Швабе) с периодом, когда Венера, Земля и Юпитер выстраиваются в один ряд (11 лет).

Определите период максимального приливного влияния Венеры и Юпитера на поверхность звезды, пренебрегая влиянием Земли.

Решение

1. (3 балла). Максимальный эффект от приливного влияния возникает в момент, когда Солнце и планеты располагаются на одной прямой, то есть эффекты притяжения от каждой планеты складываются.

2. (3 балла). Для нахождения промежутков этих моментов необходимо определить время между моментами противостояния и соединения Венеры и Юпитера: $\frac{1}{T_v} - \frac{1}{T_j} = \frac{1}{T}$.

3. (2 балла). Зная периоды обращения Венеры и Юпитера, находим, что для двух планет максимальное воздействие наступает через каждые 0.65 года (Прим. При решении возможен верный учет двух «горбов» приливных сил, когда планеты находятся с противоположных сторон от Солнца, в этом случае ответ в два раза меньше).

Прим. Очевидно, что Венера, Земля и Юпитер выстраиваются в одну линию за гораздо больший период времени (см. статью)

Ответ: 0.65 года

Задание 3. (§ 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере)

На какую максимальную высоту над горизонтом может подняться Венера при наблюдении из Курска (широта $51^{\circ}43'$ с.ш., долгота $36^{\circ}11'$ в.д.)?

Решение

1. (2 балла). Для определения высоты Венеры над горизонтом, заметим, что максимальная высота Солнца над горизонтом $h = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}26' = 90^{\circ} - 51^{\circ}43' + 23^{\circ}26' = 61^{\circ}43'$.

2. (2 балла). Из справочника находим, что наклон Венеры к плоскости эклиптики $3^{\circ}24'$. То есть максимальная высота Венеры будет при условии, что угол Земля-Солнце-Венера равен $\alpha = 3^{\circ}24'$.

3. (2 балла, 1 балла – теорема синусов, 1 балл – найден угол Солнце-Земля-Венера). В этом случае угол β (угол Солнце-Земля-Венера) может быть найден из теоремы синусов: $\frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \alpha}{a}$, где b – радиус орбиты Венеры, а $a \approx 1 \text{ a.e.} - 0.7 \text{ a.e.} = 0.3 \text{ a.e.}$ – расстояние между Венерой и Землей в момент максимального наклона Венеры к плоскости эклиптики (примерное значение следует из малости угла β – в этот момент Венера находится в нижнем

соединении практически между Солнцем и Землей). То есть

$$\beta = \frac{b \cdot \alpha}{a} \approx \frac{0.7 \cdot 3^\circ 24'}{0.3} \approx 8^\circ.$$

4. (2 балла). Таким образом, максимальная высота, на которую Венера может подняться над горизонтом при наблюдении из Курска равна $61^\circ 43' + 8^\circ = 69^\circ 43'$

Ответ: $69^\circ 43'$

Задание 4. (§ 2.1. Солнце и планеты)

По современным данным масса атмосферы нашей планеты в 300 раз больше массы атмосферы Марса. Считая, что толщина атмосфер обеих планет мала по сравнению с их размерами, а также для простоты полагая, что плотности планет земной группы отличаются незначительно и радиус Земли в два раза больше радиуса Марса, оцените атмосферное давление на поверхности красной планеты. Остальные данные не известны.

Решение

1. (2 балла). Для определения атмосферного давления необходимо воспользоваться формулой $p = \rho gh$, где $g = \frac{GM}{R^2}$.

2. (2 балла). Для тонкого слоя атмосферы (по условию задачи можно считать, что толщина атмосфер значительно меньше размеров планет) её масса выразится через радиус планеты, плотность и толщину по формуле $m \approx Vh = 4\pi R^2 \rho h$. Отсюда $\rho = \frac{m}{4\pi R^2 h}$.

3. (2 балла). То есть $p = \frac{m}{4\pi R^2 h} \frac{GM}{R^2} h = \frac{mGM}{4\pi R^4} \sim \frac{mG\rho_p}{4\pi R}$, где ρ_p — плотности планет, которые по условию задачи можно считать одинаковыми.

4. (2 балла). Таким образом, $\frac{p_3}{p_M} \approx \frac{m_3}{R_3} : \frac{m_M}{R_M} = 150$. То есть атмосферное давление на поверхности Марса равно $\frac{100000 \text{ Па}}{150} \approx 0.67 \text{ кПа}$

Ответ: 0.67 кПа

Задание 5. (§ 8.5. Излучение абсолютно черного тела)

29 августа 1975 г. в созвездии Лебедя наблюдалась вспышка новой звезды. В результате её блеск вырос на 19 единиц, а смещение линии

водорода 4861 ангстрем составило 41 ангстрем. Определите скорость расширения оболочки звезды и во сколько раз изменилась светимость новой.

Решение

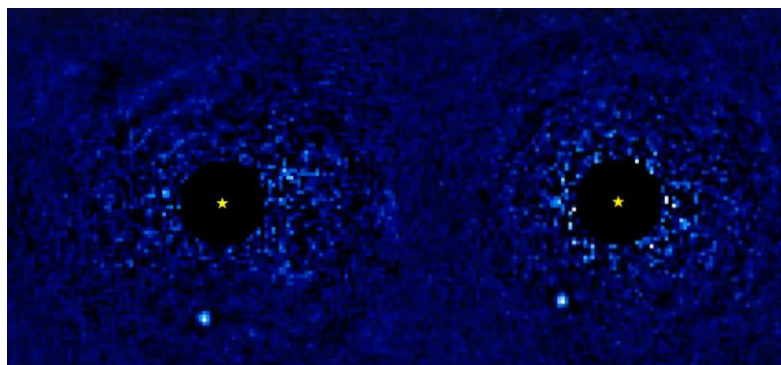
1. (4 балла). Связь между светимостью и изменением блеска $\lg \frac{L_f}{L_b} = 0.4\Delta m = 7.6$. То есть светимость выросла в $10^{7.6} \approx 40000000$ раз.

2. (4 балла). Смещение спектральных линий позволяет определить скорость разлета звездного вещества: $v = cz = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 2500$ км/с.

Ответ: в $4 \cdot 10^7$ раз, 2500 км/с

Задание 6. (§ 6.2. Механика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит))

На рисунках ниже представлены изображения положения планеты 51 Эридана в с разницей в 3.3 года. Масса звезды 51 Эридан составляет примерно 1.75 масс Солнца. Требуется оценить среднее расстояние планеты до звезды.



Решение

1. (3 балла, оценка углового перемещения 20-35 градусов считается правильной, как и полученный период обращения). За 3.5 года угловое перемещение планеты относительно звезды составило примерно 30 градусов. Таким образом, оценка времени обращения вокруг звезды даёт значение в 40 лет.

2. (3 балла, верная формула). Из третьего закона Кеплера оцениваем значение большой оси орбиты планеты по формуле $a = \sqrt[3]{\frac{T^2 \cdot G \cdot 1.75 \cdot M}{4\pi^2}}$

3. (2 балла, после проведения всех расчётов ответ может отличаться на $\pm 5 a.e.$ а.е.). После проведения расчётов получаем значение $a \approx 14 a.e.$

Ответ: $a = 14 \pm 5 a.e.$