

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Муниципальный этап

2024/25 учебный год

Ключи к задачам

9 класс

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

На фотографии показан транзит Меркурия по диску Солнца, который происходил 11 ноября 2019 года. Следующее такое явление для наблюдателя с Земли можно будет наблюдать только в 2032 году. Оцените диаметр Меркурия, если угловой размер диска Солнца, видимый на фото, равен $51''$. Расстояние Меркурия до Солнца было равно 52 млн. км., от Земли до Солнца 150 млн. км.



Решение

1. (4 балла, 1 балл за перевод секунд в радианы, 2 балла за верную формулу, 1 балл за верный расчет) Среднее расстояние от Земли до Солнца 150000000 км. Зная угловой диаметр диска Солнца, который присутствует на фотографии, и расстояние от Земли до Солнца определим линейный размер видимого диска: $l = r_E \cdot \alpha = r_E \cdot 0.00025 \approx 37500.00000$ км ($51'' \approx 0.00025$ рад).

2. (2 балла) Меркурий покрывает примерно пятую часть видимого диска Солнца, то есть примерно 7500 км.

3. (2 балл). Так как 11 ноября 2019 года расстояние от Земли до Меркурия относилось к расстоянию от Меркурия до Солнца как 2 к 3, то оценим диаметр планеты: $7500 \cdot 2/3 \approx 5000$

Ответ: 5000 км

Задание 2. (§ 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 балл – 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 поднять над горизонтом при наблюдении из Курска равна $61^{\circ}43' + 8^{\circ} = 69^{\circ}43'$ Ответ: $69^{\circ}43'$

Задание 3. (§ 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты)

В 2024 году весеннее равноденствие произошло 20 марта. В каком из следующих городов продолжительность дня будет минимальной? Города: Курск, Париж, Мехико. Почему?

Решение

1. (3 балла). С момента пересечения Солнцем точки весеннего равноденствия его склонение непрерывно растёт.

2. (3 балла) В связи с этим продолжительность дня будет расти с востока на запад: день будет длиннее там, где Солнце взойдёт позже.

3. (2 балла) Таким образом, из перечисленных городов день будет самым коротким в Курске.

Ответ: Курск

Задание 4. (§ 7.1. Схемы и принципы работы телескопов)

Почему телескоп, расположенный в космосе, способен наблюдать менее яркие объекты по сравнению с точно таким же телескопом, расположенным на Земле? Назовите основные 4 причины.

Решение и ответы

1. (2 балла). Атмосфера Земли поглощает световой поток от космических объектов.

2. (2 балла). Атмосфера Земли приводит к размытию изображения космического объекта

3. (2 балла). Из-за деятельности человека небо не является абсолютно тёмным (в том числе из-за работы промышленных объектов, освещения).

4. (2 балла). Длительность экспозиции телескопа в космосе не ограничена суточным вращением Земли.

Задание 5. (§ 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: $\frac{1}{T_V} - \frac{1}{T_J} = \frac{1}{T}$.

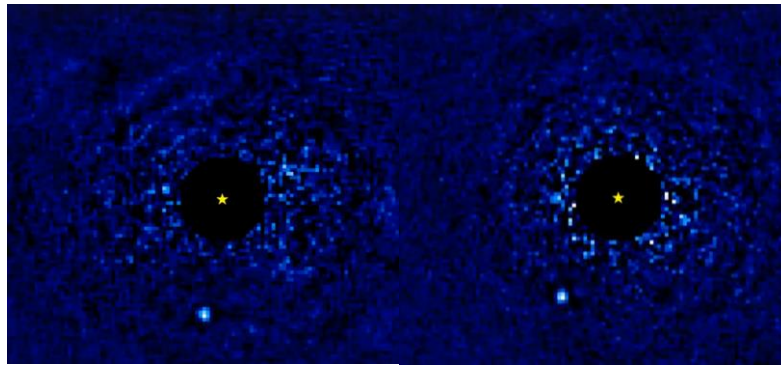
3. (2 балла). Зная периоды обращения Венеры и Юпитера, находим, что для двух планет максимальное воздействие наступает через каждые 0.65 года (Прим. При решении возможен верный учет двух «горбов» приливных сил, когда планеты находятся с противоположных сторон от Солнца, в этом случае ответ в два раза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

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

Ответ: 0.65 года

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

На рисунках ниже представлены изображения положения планеты 51 Эридана b 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: $a = 14 \pm 5 a.e.$