

Олимпиада по астрономии. Муниципальный этап
9 класс

Задание 1. (§ 6.2. Механика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит))

На рисунке показано движение одной из планет Солнечной системы. Как называется такое движение и каковы его причины? Какая это планета (обосновать)?



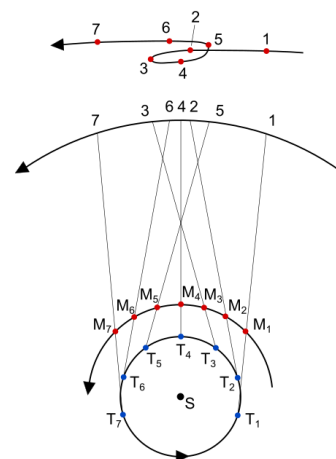
Решение

1) (2 балла) Попытное (ретроградное) движение планет — наблюдаемое с Земли движение планет на фоне звёзд по небесной сфере с востока на запад, то есть в направлении, противоположном движению Солнца (годовому) и Луны.

2) (2 балла) Причина: орбитальные скорости планет разные, в результате периодически одна из планет «обгоняет», попытное движение начинается при приближении внешней планеты к позиции противостояния по отношению к внутренней планете (см. рис). При этом попытное движение наблюдается как с точки зрения наблюдателя на «внутренней» планете, так и наблюдателя на «внешней».

3) (1 балл) Марс

4) (3 балла) Очевидно, что наблюдателя с Земли продолжительность ретроградного движения планеты зависит от её удаленности от Солнца: продолжительность растёт с удалением от Солнца. Из рисунка видно, что продолжительность попытного движения составляет 70-80 дней. Внутренние планеты сразу исключаются, так как за этот период Меркурий практически совершает полный оборот, а Венера проходит почти 35% (75/224) орбиты – около 126 градусов на небесной сфере относительно Солнца, что близко к времени между верхним и нижним соединением (+ созвездий с таким угловым размером нет на небесной сфере), остаются внешние планеты. За это время Марс преодолевает примерно 10% (75/686) своей орбиты – около 36 градусов на небесной сфере относительно Солнца, Юпитер 1,7% (75/12/365) – около 6 градусов на небесной сфере относительно Солнца, остальные планеты ещё



меньше. Лев – одно из 12 зодиакальных созвездий, очевидно, что его угловые размеры существенно превышают 6 градус. Остаётся Марс.

Ответ: попятное (ретроградное движение) Марса

Задание 2. (§1.3. Луна, ее свойства и движение)

Что называют полнолунием? Почему период между двумя полнолуниями не равно периоду обращения Луны вокруг Земли? Сколько оборотов вокруг своей оси совершает Луна за каждый из этих периодов?

Решение и ответы

1) (2 балла) Во время полнолуния освещённость Солнцем обращенной к Земле стороны равна 100%.

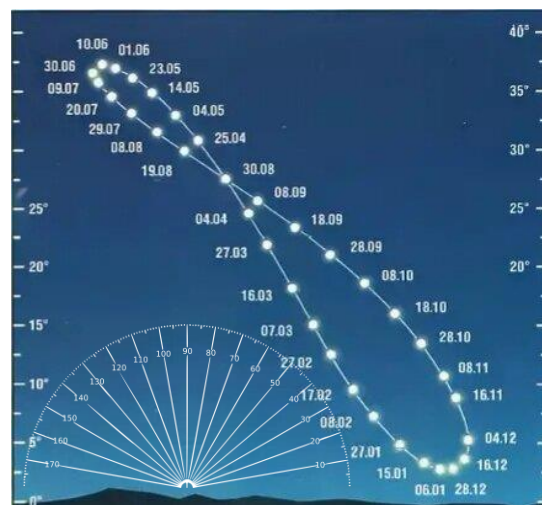
2) (2 балла) Таким образом, время между двумя полнолуниями – это время между двумя одинаковыми фазами Луны, то есть синодический месяц. Он равен в среднем 29,53 суток.

3) (2 балла) Время обращения Луны вокруг Земли – сидерический период, равен 27,32 суток, поэтому следующее полнолуние наступает через 2 дня после очередного обращения Луны вокруг Земли.

4) (2 балла) Период обращения Луны вокруг своей оси равен сидерическому периоду, поэтому за этот период Луна делает 1 полный оборот, между полнолуниями – примерно 1,08 оборотов.

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

На рисунке показана аналемма – кривая, имеющая форму восьмёрки и соединяющая ряд последовательных положений центральной звезды планетной системы (Солнца) на небосводе одной из планет этой системы в одно и то же время суток в течение года. По бокам показана высота Солнца над горизонтом. Почему точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия не совпадают? В каком полушарии, в какое время суток делалась аналемма? Оценить широту места наблюдения.



Решение и ответы

1) (2 балла) Точки, соответствующие положению Солнца в дни весеннего и осеннего равноденствия, не совпадают из-за эллиптичности орбиты Земли – в рассматриваемые моменты планета находится на разном расстоянии от звезды.

2) (2 балла) Малая петля находится сверху, значит, наблюдения велись в северном полушарии (из-за эллиптичности орбиты).

3) (2 балла) Аналемма наклонена влево, значит наблюдения велись в утреннее время.

4) (2 балла) Угол между верхней и нижней концами восьмерки приблизительно равен 50° – наблюдения велись примерно на 50° северной широты.

Задание 4. (§ 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере)

На звездной карте показано положение одной из планет Солнечной системы по небесной сфере. Определить и обосновать, что это за планета, если известно, что угловое расстояние между Поллуксом (β Близнецов, Pollux) и Эльнатом (β Тельца, Elnath) примерно равно 30° .



Решение

1) (4 балла) С 8-9 марта по 7-10 мая (то есть примерно 60 дней) планета преодолела угловое расстояние, примерно равное угловому расстоянию между Поллуксом и Эльнатом, то есть примерно 30° – это $30/360=0.08(3)$ от углового диаметра небесной сферы.

2) (4 балла) Определяя угловые скорости движения планет Солнечной системы, можно показать, что Марс, имеющий период обращения 687 суток, имеет угловую скорость примерно $360/687=0.5^\circ/\text{сут}$. То есть за 60 дней проходит как раз угловое расстояние в 30 градусов.

Ответ: Марс

Задание 5. (§ 7.1. Схемы и принципы работы телескопов)

Можно ли увидеть полуостров Крым (протяженность: с запада на восток – 360 км, с севера на юг – 180 км) с Луны невооружённым глазом в условиях ясной погоды на Земле?

Решение

1) (2 балла – угловой размер в радианах, 2 балла – перевод в минуты). Построим прямоугольный треугольник, катеты которого равны среднему расстоянию от Луны до Земли (380000 км) и минимальной протяженности Крыма (180 км). Тогда угловой размер Крыма можно оценить как $\arctg(180/380000) \approx 0.0005\text{рад} \approx 1.7'$ (тангенс малого угла)

2) (2 балла – ответ после обоснования, 2 балла – разрешающая способность человеческого глаза). Таким образом, при идеальных условиях Крым с Луны виден, так как разрешающая способность человеческого глаза $1'$.

Ответ: увидеть Крым с Луны глазом можно

Задание 6. (§ 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите)

С какой скоростью должен двигаться вдоль экватора с запада на восток летательный аппарат на высоте 10 км, чтобы искусственный спутник, вращающийся вокруг Земли на высоте 30000 км, всё время находился над ним при условии, что их траектории относительно Земли совпадают?

Решение

1) (2 балла) Для выполнения условий задачи угловые скорости относительно поверхности Земли у самолёта и спутника должны совпадать – периоды обращения должны быть равными.

2) (2 балла) Первая космическая скорость на высоте 30000 км:

$$v_s = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} \approx \sqrt{\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{6378000 + 30000000}} \approx 8.5 \text{ км/с} \approx 30600 \text{ км/ч}. \quad \text{Период обращения}$$

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v_s} \approx 7.5 \text{ ч}$$

3) (2 балла) Скорость вращения Земли: $v_0 = \frac{2\pi R}{T_0} \approx 1673 \text{ км/ч}$.

4) (2 балла)

Тогда

$$T = \frac{2\pi(R+h_s)}{v_0 + v} \Rightarrow v = \frac{2\pi(R+h_s) - Tv_0}{T} \approx \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 36378 - 7.5 \cdot 1673}{7.5} \approx 28800 \text{ км/ч}$$

Ответ: 28800 км/ч

