

Олимпиада по астрономии. Муниципальный этап
10 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)?



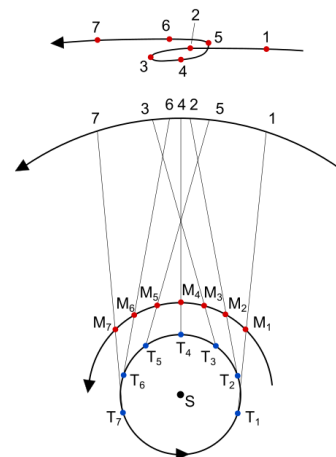
Решение

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. (§ 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 3. (§ 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

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

Ответ: 28800 км/ч

Задание 4. (§ 6.3. Движение искусственных спутников и Луны вокруг Земли (приближение круговой орбиты). Движение спутников планет)

Если посмотреть на периодичность приливов и отливов, происходящих на побережье моря, то можно заметить, что в среднем приливы повторяются каждые 12 часов 25 минут. При этом, как правило, чередуются большой и малый приливы. Какова причина возникновения приливов? Объяснить чередование большого и малого приливов, а также обосновать почему периодичность приливов именно 12 часов 25 минут (а не, например, 12 часов или 24 часа).

Решение и ответы

1) (4 балла – 2+2) Прилив возникает: а) (2 балла) под действием гравитационного воздействия Солнца и Луны; из-за своей близости именно Луна вносит основной вклад, то есть именно взаимное положение Земли и Луны определяет время и интенсивность прилива; (2 балла) б) под действием центробежной силы вращения.

2) (2 балла) Луна совершает свой видимый оборот за 24 ч 50 мин (комбинация вращения Земли вокруг оси и обращения Луны вокруг Земли), тогда ежедневно Луна запаздывает с приходом на меридиан данного места на 50 мин. Большие приливы возникают, когда Луна находится над данной точкой Земли. Промежуточные малые приливы возникают, когда Луна находится с противоположной стороны, причина: центробежная сила.

3) (2 балла) Именно 12 часов 25 минут – время, необходимое Луне, чтобы оказаться над противоположными точками Земли.

Задание 5. (§ 4.3. Экваториальные координаты на небесной сфере)

Определить широту Курска, если известно, что высота Солнца в верхней кульминации 22 июня выше высоты Солнца в верхней кульминации 22 декабря в 4.14 раза.

Решение

1) (2 балла – верно выбрана формула для Северного полушария) Курск находится в северном полушарии, значит, для определения верхней кульминации можно воспользоваться формулой $h = 90^\circ - |\varphi - \delta|$.

2) (2 балла – определены склонения Солнца) Склонение Солнца 22 июня $\delta_{июнь} = +23^\circ 26'$, а 22 декабря $\delta_{дек} = -23^\circ 26'$

3) (2 балла – составлено уравнение) Из условия задачи $h_{июнь} = 4.14 \cdot h_{дек}$. Тогда получаем уравнение: $|\varphi - \delta_{июнь}| = 4.14 \cdot |\varphi - \delta_{дек}|$.

4) (2 балла – верное решение) В процессе решения уравнения с модулем необходимо исключить некорректное решение и прийти к уравнению: $90^\circ - \varphi + 23^\circ 26' = 4.14 \cdot (90^\circ - \varphi - 23^\circ 26')$ $3.14 \cdot \varphi = 3.14 \cdot 90^\circ - 5.14 \cdot 23^\circ 26' \Rightarrow \varphi = 51^\circ 42'$ – это широта Курска.

Ответ: $51^\circ 42'$

Задание 6. (§ 8.1. Энергия излучения)

Основные пути потери массы Солнцем: электромагнитное излучение и солнечный ветер (поток ионизированных частиц, истекающий из солнечной короны, в основном протонов). Провести количественное сравнение этих двух процессов. Известно значение светимости Солнца, а также то, что поток частиц солнечного ветра на земной орбите в среднем равен $4 \cdot 10^{12}$ протонов на квадратный метр.

Решение и ответ

1) (3 балла) Потери массы Солнца за счёт электромагнитного излучения:

$$\Delta m_e = \frac{L}{c^2} \approx \frac{4 \cdot 10^{26}}{9 \cdot 10^{16}} \approx 4.4 \cdot 10^9 \text{ кг} / \text{с}$$

2) (3 балла) Потери за счёт солнечного ветра (площадь сферы земной орбиты на поверхностную плотность частиц и на массу одного протона):

$$\Delta m_{sw} = 4\pi R^2 \cdot \rho \cdot \Delta m_p \approx 4 \cdot 3.14 \cdot (1.5 \cdot 10^{11})^2 \cdot 4 \cdot 10^{12} \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \approx 1.9 \cdot 10^9 \text{ кг} / \text{с}$$

3) (2 балла) Потери массы Солнцем за счёт электромагнитного излучения в 2.2 раза больше потерь за счёт солнечного ветра.

