

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО астрономии
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

11 класс

Время выполнения

3 астрономических часа

Задание 1. На рисунках представлено положение звезд созвездия Малой Медведицы. Первое положение соответствует 19 часам 28 января.



Рисунок 1.



Рисунок 2.

1. Какому времени суток и какой дате соответствует второе положение звезд? Ответ поясните.
2. Относительно какой оси небесной сферы будет происходить вращение созвездия? Почему?
3. Какая из звезд в этом созвездии не меняет своего положения на небесной сфере в процессе поворота? Почему?

Возможное решение задания № 1.

1. Второе положение звезд соответствует часу ночи 29 января. Приблизительно за сутки созвездие делает полный оборот вокруг оси. Так как созвездие повернулось на 90^0 (четверть оборота), следовательно, прошло около 6 часов. Это соответствует часу ночи следующего дня.
2. Ось, вокруг которой происходит вращение созвездия и всей небесной сферы, называется осью мира. Она совпадает с осью вращения Земли. Для наблюдателя на Земле вокруг воображаемой оси мира вращаются все объекты небесной сферы.
3. Полярная звезда – α Малой Медведицы – лежит практически на оси полюса мира, поэтому она не меняет своего положения на небесной сфере в процессе суточного вращения Земли.

Задание 2. В некоторой планетной системе вокруг центральной звезды в одной плоскости и в одну сторону вращаются две планеты – МА и ВІ. Период обращения МА меньше периода обращения планеты ВІ. Между

двумя ближайшими моментами времени, когда МА и ВІ находятся на одном и том же радиусе, проведенном к ним из центральной звезды, проходит интервал времени, равный 1,2 годам, измеренным на планете ВІ. Сколько МИНИМАЛЬНЫХ лет, измеренных на планете МА, проходит между этими моментами? Опишите логику своих рассуждений.

Возможное решение задания № 2.

Планета МА совершит один лишний оборот. Планета ВІ совершит один оборот и еще 0,2 оборота, а МА, которая вращается быстрее, должна сначала опередить ВІ, а затем догнать ее с другой стороны. Она может это сделать, совершив 0,2 и 2 целых оборота. Поэтому он затратит на это 2,2 своих лет.

Примечание: число оборотов может быть и больше, тогда ответ будет другой. Например, для 2 лишних оборотов это 3,2 года и т.д. Но и здесь ответ неоднозначен, бесконечно это число не может увеличиваться, т.к. при увеличении числа оборотов большая полуось орбиты этой планеты будет всё меньше и тогда пересечения рано или поздно с радиусом, обозначенным в условии, задачи мы не получим.

Задание 3. В исламском лунном календаре год состоит из 12 лунных месяцев, половина из которых состоит из 29 дней, половина – из 30 дней. За 30 лет в календарь вставляется 11 високосных дней. Определите, за какой промежуток времени в лунном календаре «набежит» лишний год по сравнению с григорианским календарем.

Возможное решение задания № 3.

Лунный год T_L в исламском календаре составляет 12 лунных месяцев по 29.5 дней, то есть 354 дня, плюс еще (11/30) дней за счет добавления 11 високосных суток за 30 лет. Получившееся значение (354.3667 дней) практически совпадает с продолжительностью 12 синодических лунных периодов. Но эта величина на 10.8758 дней меньше продолжительности года по григорианскому календарю T_G . Предположим, что за N григорианских лет прошло $(N+1)$ лет по лунному календарю. Тогда

$$N \cdot T_G = (N + 1) \cdot T_L; N = \frac{T_L}{T_G - T_L} = 32.58.$$

В итоге разница между исламским лунным и григорианским календарем составит целый год попростовии 32.58 лет по григорианскому календарю или, то же самое, 33.58 лет по лунному календарю.

Задание 4. Небольшая планета обращается вокруг центральной звезды по круговой орбите. На каждом обороте планеты в одной и той же точке ее орбиты она тесно сближается с одной и той же кометой, которая в этот момент проходит точку апоцентра своей орбиты и располагается на небе планеты в 90° от центральной звезды. Определите эксцентриситет орбиты кометы. Орбитальные периоды планеты и кометы различаются, взаимодействием планеты и кометы пренебречь.

Возможное решение задания № 4.

Обозначим орбитальный период планеты через T . По завершению одного оборота планета возвращается в ту же точку своей орбиты. Сближения с кометой происходят строго через время T , значит, комета через этот период также возвращается в ту же точку пространства. Следовательно, комета за это время завершает целое число n оборотов вокруг звезды, и ее орбитальный период равен T/n . По условию задачи, орбитальные периоды различаются, то есть $n > 1$. В момент сближения комета находится рядом с планетой и видна на ее небе в 90° от центральной звезды. Следовательно, ее расстояние от звезды в пространстве практически совпадает с радиусом орбиты планеты R . Это же расстояние равно апоцентрическому расстоянию кометы? тогда $R = a(1+e)$. По III закону Кеплера большая полуось орбиты кометы равна $a = R \cdot (1/n)^{2/3}$. Апоцентрическое расстояние кометы составляет $R = a(1+e) = R \cdot (1/n)^{2/3}(1+e)$.

$e = n^{2/3} - 1; 0 \leq e \leq 1$. Решение существует только для одного целого n , превышающего единицу: при $n=2$ получаем $e=0.59$. Орбитальный период кометы вдвое меньше орбитального периода планеты.

Задание 5. Поезд движется со скоростью 60 км/ч на запад вдоль параллели 60° с.ш. Какую продолжительность светлого времени суток зафиксирует пассажир этого поезда 21 марта? Рефракцией пренебречь.

Возможное решение задания № 5.

Скорость суточного движения Земли направлена с запада на восток и равна

$$v_0 = \frac{2\pi R \cos \varphi}{T_0},$$

где R – радиус Земли, T_0 – период ее вращения вокруг своей

оси. На широте 60° с.ш. эта скорость составляет 835 км/ч (примерное значение при экваториальном радиусе 6380 км). Движение пассажира поезда вокруг оси Земли будет происходить на 60 км/ч медленнее, и его скорость v составит 775 км/ч, что увеличит продолжительность солнечных суток до

$$T = \frac{2\pi R \cos \varphi}{v},$$

то есть до 25,85 часов. В день весеннего равноденствия

световой день будет длиться ровно половину солнечных суток (если не учитывать рефракцию), то есть для пассажира поезда он составит 12.93^h или $12^h 56^m$.

Задание 6. Февральским утром 2013 года над Челябинском промчался уникальный объект – ровесник Вселенной – и упал в озеро Чебаркуль. Его диаметр составил около 20 метров, а плотность – около $3,17 \text{ г/см}^3$. По расчетам ученых, скорость входа метеорного тела в атмосферу Земли составила 18 км/с. Оцените, на сколько повысилась температура Земли, при

падении на нее Челябинского метеорита. Удельную теплоёмкость вещества Земли и метеорита принять приблизительно равной $840 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, массу Земли $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$.

Возможное решение задания № 6.

Метеорит падает на Землю со скоростью около 18 км/с , столкновение неупругое, теплоотдачей в окружающее пространство пренебрегаем. Оценим массу метеорита:

$$m = \rho V = \frac{4}{3} \pi R^3 = 4 \cdot 3,14 \cdot 3170 \cdot 10^3 = 106173866 \text{ кг} \approx 1,3 \cdot 10^7 \text{ кг}.$$

По закону сохранения импульса $m_M \cdot v_M = (m_3 + m_M) \cdot v$.

По закону сохранения энергии $\frac{m_M \cdot v_M^2}{2} = \frac{(m_3 + m_M) \cdot v^2}{2} + \Delta E$.

Вычислим энергию, которая пошла на нагрев Земли:

$$\Delta E = \frac{m_M \cdot v_M^2}{2} - \frac{(m_3 + m_M)}{2} \cdot \left(\frac{m_M \cdot v_M}{m_3 + m_M} \right)^2. \text{ Учтем, что выделившаяся энергия}$$

идет на нагрев: $\Delta E = c \cdot (m_3 + m_M) \cdot \Delta T$,

$\Delta T = \frac{m_3 m_M v_M^2}{2c(m_3 + m_M)^2}$. Если пренебречь массой метеорита в знаменателе, то

$$\Delta T \approx \frac{m_M v_M^2}{2c \cdot m_3} \approx 4,2 \cdot 10^{-13} \text{ К}$$