

**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 поменяет 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 –  $\alpha$  Малой Медведицы – лежит практически на оси полюса мира, поэтому она не поменяет 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  $90^\circ$  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  $90^\circ$  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  $60^\circ$  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  $60^\circ$  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  $12.93^ч$  или  $12^ч56^м$ .

**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 Дж/(кг·К), массу Земли  $6 \cdot 10^{24}$  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

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