

**XVIII Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада**  
теоретический тур, решения

**2011**  
**20**  
**февраля**

---

*7–8 классы*

---

1. Планетарные туманности получили свое название из-за внешнего сходства с планетами (в небольшой телескоп они видны как зеленоватые туманные пятна приблизительно круглой формы). Какими способами можно отличить планетарные туманности от планет?

**Решение:**

Можно предложить несколько способов. Основные среди них следующие:

- (а) Планеты движутся на фоне звезд, планетарные туманности — нет.
- (б) Орбиты планет Солнечной системы лежат приблизительно в одной плоскости, поэтому на небе планеты видны в окрестности эклиптики. Планетарные туманности могут оказаться в любом месте.
- (с) Планеты находятся достаточно близко к Земле, поэтому для них можно измерить суточный параллакс (смещение на небе, связанное с наблюдением объекта из двух различных точек на Земле), для планетарных туманностей он пренебрежимо мал.
- (d) Планеты светят отраженным светом Солнца, поэтому при спектральных наблюдениях их спектр близок к солнечному. Для планетарных туманностей это неверно.

Оцениваются и другие разумные соображения, общее количество баллов определяется количеством предложенных способов.

2. Известно, что в этом году Юпитер придет в соединение с Солнцем в начале апреля. В какие месяцы 2011 года Юпитер будет совершать попятное движение (т.е. перемещаться в сторону, противоположную движению Солнца среди звезд)? В каких созвездиях он при этом будет находиться?

**Решение:**

Юпитер совершает полный оборот относительно звезд за 12 лет, следовательно, за год он проходит примерно  $1/12$  часть орбиты. На рисунке (в конце решений) изображены орбиты Земли и Юпитера вокруг Солнца. Цифрами обозначены месяцы 2011 (от 4 до 12) и 2012 (от 1 до 4) годов. На орбитах Земли и Юпитера точками отмечены положения планет на начало каждого месяца. Сплошная прямая линия изображает направление на Юпитер с Земли в начале апреля во время соединения Юпитера с Солнцем. Пунктирные линии соединяют положения Земли и Юпитера на их орбитах в остальные месяцы. Продолжения этих линий отмечают проекции положения Юпитера на земном небе в соответствующие месяцы (отмечены цифрами). Видно, что с апреля по начало сентября Юпитер движется по земному небу в прямом направлении, а **с сентября по декабрь** — в обратном, т.е. **совершает попятное движение**. Далее Юпитер опять «поворачивает» и в начале 2012 года снова двигается в прямом направлении.

Так как Юпитер проходит примерно  $1/12$  часть своего пути среди звезд за один земной год, то в течение всего года находится приблизительно в одном созвездии, максимум в двух соседних. Соединение с Солнцем было в начале апреля, в это время Солнце находится в созвездии Рыб, следовательно, Юпитер тоже **в созвездии Рыб**. С немалой вероятностью в этом созвездии он останется весь год (на самом деле так и будет), может быть чуть сдвинется в соседнее созвездие Овна, так что этот ответ тоже принимается.

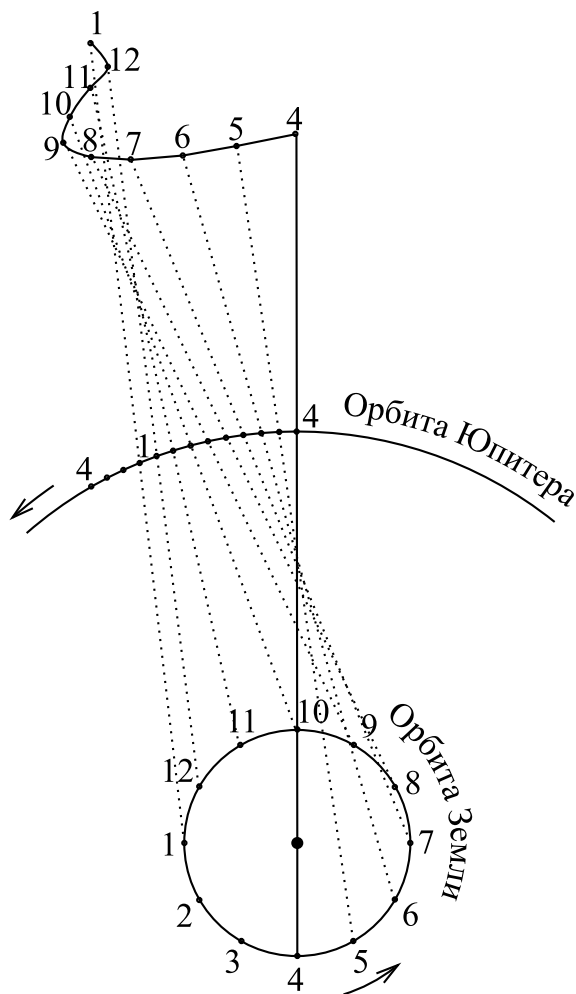


Рисунок к задаче №2

3. В некоторый момент для наблюдающих с Земли астрономов кольца Сатурна исчезли. Какое астрономическое событие в этот момент произойдет на Сатурне? В какие примерно даты происходят аналогичные события на Земле? Обоснуйте свой ответ.

**Решение:**

Кольца Сатурна не могут исчезнуть «по-настоящему», но, поскольку толщина колец очень мала, они перестают быть видны тогда, когда повернуты к наблюдателю ребром. Поэтому исчезновение колец означает, что Земля находится в плоскости колец Сатурна, а последняя, в свою очередь, совпадает с плоскостью экватора Сатурна.

С другой стороны, плоскости орбит Земли и Сатурна вокруг Солнца практически совпадают (наклонены друг к другу под углом  $2^\circ$ ), поэтому в этот же момент (как, впрочем, и в любой другой) Земля находится практически в плоскости орбиты Сатурна.

С точки зрения наблюдателя на Сатурне, направление на Землю очень близко к направлению на Солнце (так как радиус орбиты Земли вокруг Солнца намного меньше радиуса орбиты Сатурна). Отсюда можно сделать вывод, что для наблюдателя на Сатурне Солнце находится практически на пересечении плоскостей орбиты Сатурна вокруг Солнца и экватора Сатурна, т.е. в окрестности **равноденствия**. На Земле аналогичные события (весеннее или осеннее равноденствия) происходят **20 или 21 марта и 22 или 23 сентября**.

4. Между двумя последовательными сближения некоторого объекта Солнечной системы с Землей проходит ровно 3 года. С каким периодом этот объект может обращаться вокруг Солнца?

**Решение:**

В решении задачи № 2 предыдущего (районного) тура была выведена формула синодического движения. Синодический период  $S$ , т.е. период видимого (кажущегося) движения связан с сидерическими («настоящими») периодами движения объекта  $T_1$  и наблюдателя  $T_2$  следующим образом:

$$\frac{1}{S} = \left| \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right|.$$

Синодический период объекта, по условию, 3 года. Сидерический период обращения Земли вокруг Солнца — 1 год. Подставляем числа в уравнение:

$$\frac{1}{3} = \left| 1 - \frac{1}{T_2} \right|,$$

решая которое, получаем два возможных периода обращения объекта: **1.5 года и  $\frac{3}{4}$  года.**

Это уравнение можно вывести из следующих соображений. Земля, обращаясь вокруг Солнца, движется со скоростью  $360^\circ/1$  год. Объект вокруг Солнца движется со средней скоростью  $360^\circ/T_2$  лет. Относительная скорость движения Земли и объекта равна разности скоростей

$$\left| \frac{360^\circ}{1} - \frac{360^\circ}{T_2} \right| = \frac{360^\circ}{3} \text{ (по условию)}$$

(знак модуля поставлен потому, что нам не известно, какая из скоростей больше). Очевидно, что это уравнение эквивалентно уравнению синодического движения.

Однако такой вывод пригоден лишь в том случае, когда расстояние между орбитами для каждой их точки остается примерно постоянным (т.е. когда обе орбиты близки к круговым), но в условии задачи об этом ничего не говорится. Орбита Земли примерно круговая, но орбита объекта может быть любой. Поэтому у задачи есть еще один ответ — если некоторая точка орбиты объекта находится ближе всего к орбите Земли (что возможно в ситуации, когда орбита объекта сильно вытянута), то максимальное сближение может произойти только в ней и, следовательно, период обращения объекта вокруг Солнца составляет 3 года.

5. Цитата из летописи: «В лето 6912, се же бысть последнее пленение Смоленску от Витовта, в Петров пост месяца июня 26, в четверток [т.е. в четверг]». Известно, что данное событие произошло между 1401 и 1409 годами по нашему летоисчислению. Определите точный год события, соответствующий 6912 году «от сотворения мира», вычислите, в каком году по современному летоисчислению был первый год «от сотворения мира».

**Решение:**

Летопись явно написана ранее 1918 года и, следовательно, дата указана в ней по юлианскому календарю («старому стилю»). Так как остаток от деления 365 на 7 равен 1, то день недели, соответствующий некоторой дате, каждый год смещается на единицу вперед, а в високосный год смещение происходит на два дня недели вперед. Легко обнаружить — либо перебором, либо найдя наименьшее общее кратное чисел 7 и 4 (периода повторения високосных годов) — что каждые 28 лет соответствие дат дням недели в точности повторяется. Для григорианского календаря («нового стиля») это не так (в нем изредка нарушается правило повторения високосных лет каждые четыре года), поэтому для подсчета проще пользоваться юлианским календарем.

В XXI веке разница между календарями составляет 13 суток, поэтому 26 июня по старому стилю соответствует 9 июля. Зная сегодняшнюю дату и день недели, легко выяснить, что 9 июля в 2011 году будет субботой (и 26 июня по старому стилю — тоже). Теперь подберем

наиболее близкий к интересующему нас интервалу лет год, отстоящий от 2011 на число лет, кратное 28. Это 1395 год, когда 26 июня (здесь и далее мы будем пользоваться датами только по старому стилю) — также суббота. В 1396 году этот день будет понедельником (год високосный, поэтому прибавилось два дня недели), в 1397 году — вторником и т.д. Перебрав все годы с 1401 по 1409, убеждаемся, что интересующая нас дата только один раз пришлась на четверг — в **1404 году**.

Итак, мы знаем, что именно 1404 год соответствует 6912 году «от сотворения мира». Сосчитав разность между 1404 и 6912, мы получим сдвиг одного летоисчисления относительно другого, и тогда первый год «от сотворения мира» соответствует  $1404 - 6912 + 1 = -5507$  году. Однако, как не странно, это не 5507 г. до н.э.! Дело в том, что в используемом сейчас летоисчислении не было «нулевого» года — сразу за 1 годом до н.э. следовал 1 год н.э. Поэтому ответ — **5508 г. до н.э.**