

X Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

Теоретический тур. Решения задач

г. Курск,
4-10 апреля 2003 г.

8 класс.

1. Марсианские звездчѐты (*М.Г. Гаврилов, 1999*).

Очевидно, что первые измерения расстояний, как до планет Солнечной системы, так и до ближайших звѐзд проводились методом измерения параллакса. При измерении таким методом важным параметром, который не зависит от уровня развития цивилизации, является "база", то есть расстояние между двумя точками, из которых могут вестись наблюдения за планетами и звѐздами.

При измерении расстояний в Солнечной системе используется горизонтальный (суточный) параллакс, максимальной базой для которого может быть экваториальный диаметр планеты. У марсиан он меньше, поэтому и измерения расстояний в Солнечной системе у них будут менее точными.

А при измерении расстояний до звѐзд используется годичный параллакс, максимальной базой для которого может быть диаметр орбиты планеты. У марсиан он в полтора раза больше, поэтому измерения расстояний до ближайших звѐзд марсиане могут проводить с точностью, в полтора раза большей, чем земляне.

2. Астрономические сумерки. (*М.Г. Гаврилов, 1988*).

Очевидно, что речь идёт о северном полушарии, поскольку в южном тоже есть такая территория, только граница у неё – северная. В наинизшем положении Солнце оказывается во время его нижней кульминации, высота светила в этот момент определяется формулой

$$h = -(90^\circ - \varphi) + \delta,$$

где δ – склонение светила.

Очевидно, что на наименьшее угловое расстояние во время нижней кульминации Солнце опускается под горизонт тогда, когда склонение Солнца максимально и равно $\delta = \varepsilon = 23^\circ 26'$, то есть во время летнего солнцестояния.

Соответственно, широта южной границы территории, в пределах которой хотя бы одну ночь в году (ночь летнего солнцестояния) не прекращаются астрономические сумерки, определяется из написанной выше формулы, если подставить $h = -18^\circ$ и $\delta = 23^\circ 26'$.

$$\varphi = h + 90^\circ - \delta = -18^\circ + 90^\circ - 23^\circ 26' = 48^\circ 34'.$$

Это широта городов Волгоград, Луганск, Днепропетровск, Братислава, Вена...

3. XX век. Начало. (*М.Г. Гаврилов, 2000, редакция март 2003*).

Для того чтобы сравнить приведѐнные значения, переведѐм каждое из значений в знакомую нам систему СИ.

$$420000000 \text{ арш/с} = 420000000 \times 0,7112 \text{ м/с} = 298704 \text{ км/с}.$$

Из таблицы констант находим, что скорость света с большой точностью равна 299792 км/с. Поэтому, ошибка составляет

$$(299792 \text{ км/с} - 298704 \text{ км/с}) / 299792 \text{ км/с} = 0,0036 = 0,36 \text{ \%}.$$

Далее

$$1,2 \text{ фнт/врш}^3 = 1,2 \times 0,4095 / (0,7112)^3 \text{ кг/м}^3 = 5595 \text{ кг/м}^3.$$

Из таблицы Солнечной системы находим, что средняя плотность Земли равна 5515 кг/м³. Поэтому ошибка составляет

X Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

$$(5595 \text{ кг/м}^3 - 5515 \text{ кг/м}^3) / 5515 \text{ кг/м}^3 = 0,0145 = 1,45 \%$$

И, наконец,

$$4 \text{ млрд. вёрст} = 4000000000 \times 0,7112 \times 3 \times 500 \text{ м} = 4,2672 \text{ млрд. км.}$$

Среднее расстояние от Земли до планеты, очевидно, равно среднему расстоянию от Солнца до этой планеты. Из таблицы Солнечной системы находим, что расстояние до... А вот до чего? Если до Плутона, то 5,8689 млрд. км, и ошибка составляет 27 %. Что-то очень много по сравнению с двумя предыдущими ошибками. Но вспомним, что Плутон был открыт в 1930 году, а брошюра издавалась в самом начале прошлого века, то есть, тогда, когда самой далёкой известной планетой Солнечной системы был Нептун. Среднее расстояние до него - 4,4911 млрд. км, ошибка составляет

$$(4,4911 \text{ млрд.км} - 4,2672 \text{ млрд.км}) / 4,4911 \text{ млрд.км} = 0,05 = 5 \%$$

Как видим, в брошюре были приведены достаточно точные данные.

4. Тропический год. (В.В. Порфирьев, март 2003, обработка – М.Г. Гаврилов).

Истинные солнечные сутки – это промежуток времени между двумя последовательными верхними кульминациями Солнца. Из-за неравномерности движения Земли по орбите их длительность не одинакова (летом они короче). Средние сутки равны средней продолжительности истинных суток за год. Поэтому в тропическом году равное количество средних и истинных суток (365,2422). Звёздных суток примерно на 1 больше. Кстати, почему "примерно", а не точно?

Конкретный календарный год (текущий 2003-й, например) по определению содержит целое число средних солнечных суток. В обычном году их 365. Для согласования длин тропического и календарного годов раз в 4 года вставляется лишний день (29 февраля). Такой год называется «високосным». Если точнее, то 3 раза за 400 лет правило «раз в 4 года» нарушается, високосный год как бы пропускается. То есть, в Григорианском календаре, которым мы пользуемся, в течение каждых 400 лет високосными являются 97. Таким образом, средняя продолжительность календарного года оказывается равной $365 + 97/400 = 365,2425$ суток. Ошибка в 1 день накапливается примерно за 3000 лет.

5. Искусственный спутник. (В.В. Порфирьев, март 2003, обработка и дополнения – М.Г. Гаврилов).

Рисунок сделан небрежно. Траектории снаряда не являются эллипсами. Условно ещё можно считать правильными траектории 1 и 2, поскольку по этому небольшому пути спутников трудно судить о правильности траекторий. Но у траекторий 3 и 4 большие полуоси овалов явно не проходят через центр Земли. У траектории 3 движение спутника происходит параллельно земной поверхности и в момент выстрела, и примерно через 90° , что невозможно. Траектория 4: «залетать» за точку, противоположную точке выстрела, снаряд не может. Если его скорость больше скорости, при которой снаряд попадает в эту точку, то снаряд выходит на замкнутую орбиту и возвращается к точке вылета.

6. Видимость планет. (О.С. Угольников, март 2003).

Находясь в наибольшей восточной элонгации, Меркурий движется по небу прямым движением (с запада на восток) со скоростью, равной скорости видимого движения Солнца (около 1 градуса в сутки). Юпитер, находясь недалеко от Солнца (рядом с Меркурием), тоже движется в прямом направлении, но с намного меньшей скоростью, то есть относительно Меркурия он движется с востока на запад. После соединения Юпитер находится к западу от Меркурия. Соединение Венеры и Меркурия происходит через сутки после соединения Меркурия и Юпитера, а Венеры и Юпитера - через двое суток. Значит, сначала Венера находилась на небе восточнее и Меркурия, и Юпитера, однако вскоре последовательно вступила с ними в соединения. Получаем, что скорость Венеры относительно Меркурия

Х Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

примерно в два раза больше скорости Юпитера относительно Меркурия. Из этого можно сделать вывод, что Венера двигалась по небу попятно, приближаясь с востока к точке нижнего соединения с Солнцем, которое произойдет менее чем через месяц. Меркурий и Юпитер также исчезнут с вечернего неба уже через 1-2 недели. Следовательно, из этих трёх планет на вечернем небе через месяц не останется ни одной.