

X Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

Теоретический тур. Решения задач

г. Курск,
4-10 апреля 2003 г.

9 класс.

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

Очевидно, что первые измерения расстояний, как до планет Солнечной системы, так и до ближайших звѣзд 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 звѣздами.

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 звѣзд используется годичный параллакс, максимальной базой для которого может быть диаметр орбиты планеты. У марсиан он в полтора раза больше, поэтому измерения расстояний до ближайших звѣзд 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 приведѣнные значения, переведѣм 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,

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

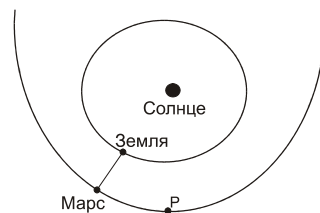
Среднее расстояние от Земли до планеты, очевидно, равно среднему расстоянию от Солнца до этой планеты. Из таблицы Солнечной системы находим, что расстояние до... А вот до чего? Если до Плутона, то 5,8689 млрд. км, и ошибка составляет 27 %. Что-то очень много по сравнению с двумя предыдущими ошибками. 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. Великое противостояние. (О.С. Угольников, март 2003).

Для решения задачи необходимо вспомнить, что орбита Земли, как и орбита Марса, является эллиптической, и в конце августа Земля будет двигаться от точки афелия (начало июля) к точке перигелия (начало января). Из рисунка, на котором эксцентриситеты орбит Земли и Марса нарочно преувеличены, видно, что максимальное сближение двух планет может произойти, если противостояние Марса наступит несколько раньше прохождения этой планетой точки перигелия (точка Р на рисунке). Так оно и есть на самом деле: Марс пройдет перигелий через 2 дня после противостояния, 30 августа.



5. Блеск Луны. (А.К. Муртазов, февраль 2003, обработка и дополнения – М.Г. Гаврилов).

Приближённый расчёт "в целых числах" абсолютной звёздной величины (М) Луны можно провести, сравнив его с блеском в полнолуние (по таблице Солнечной системы $m = -12,7^m$). Освещаться Луна будет с того же расстояния 1 а. е., а вот наблюдатель удалится в (также находим это по таблице Солнечной системы) $1 / 0,00257 \approx 400$ раз. Следовательно, световой поток уменьшится примерно в $400^2 = 160000$ раз.

$$160000 = 16 \times 100 \times 100 \approx 2,5 \times 2,5 \times 2,5 \times 100 \times 100.$$

Это эквивалентно изменению звёздной величины на $1+1+1+5+5=13$.

Абсолютная звёздная величина Луны $M \approx -12,7^m + 13^m = +0,3^m$, с точностью до целого числа - "нулевая звёздная величина".

Более точный расчёт можно провести по формуле Погсона, считая что сумма расстояний Солнце-Земля (r) и Земля-Луна (R) практически равна 1 а. е. и зная, что видимая звёздная величина Луны в полнолуние составляет (по таблице Солнечной системы) $m=-12,7$. Величины r и R также можно взять из таблицы Солнечной системы.

Из формулы Погсона

$$m - M = -2,5 \cdot \lg(R/r)^2 = 5 \cdot \lg(r/R) = 5 \lg(0,00257) = -12,95^m \approx -13^m.$$

$$M = -12,7^m + 13^m$$

(Заметим, что и здесь проще взять не r и R по отдельности, а соотношение r/R.)

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

Х Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

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 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.