

---

# Х Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

---

## Теоретический тур. Решения задач

г. Курск,  
4-10 апреля 2003 г.

### 10 класс.

#### 1. Фотометрия Солнца. (В.В. Чичмарь, март 2003).

*Предполагаемое решение.*

Непосредственные измерения мощности излучения Солнца затруднены, т. к. требуют точного определения коэффициента прозрачности земной атмосферы. Проще наблюдать планеты, освещённые солнечными лучами, и сравнивать их с блеском стандартных звёзд. Отношение световых потоков от планет и от звёзд не зависит от прозрачности атмосферы. Кроме того, большая яркость Солнца требует использование более сложных приборов при прямом измерении его яркости.

#### 2. Гидирование. (В.В. Чичмарь, март 2003, обработка и дополнения – М.Г. Гаврилов).

На положение звёзд с большими зенитными расстояниями влияет рефракция атмосферы. Рефракция атмосферы "приподнимает" звёзды на небесной сфере относительно их истинных координат (уменьшает зенитное расстояние). Причём, чем ближе к горизонту, тем дальше наблюдаемое положение звёзд от их истинных координат.

Будем считать, что на малых зенитных расстояниях (то есть, далеко от горизонта) рефракцией земной атмосферы можно пренебречь и часовой механизм полностью отрабатывает изменение видимого положения звезды от времени, в дополнительном гидировании нет нужды.

Однако, при наблюдении звёзд вблизи горизонта дополнительное гидирование необходимо, поскольку в этом случае видимое положение звёзд существенно отличается от их истинных координат на небесной сфере. Часовой механизм телескопа отрабатывает суточное вращение Земли, но не отрабатывает изменение влияния рефракции земной атмосферы.

В западном сегменте неба благодаря рефракции видимое положение заходящей звезды всё более отличается от истинного, причём вектор его углового ускорения направлен против суточного движения телескопа. Даже зашедшую звезду мы наблюдаем ещё некоторое время потому, что земная атмосфера "приподнимает" её над горизонтом. Поэтому микрометрический винт должен замедлять перемещение телескопа в его суточном движении, причём чем ближе к горизонту, тем больше должна быть скорость этого компенсирующего движения (то есть, график скорости движения микрометрического винта при компенсирующем гидировании не является линейным).

В восточном сегменте неба благодаря рефракции видимое положение звезды при её восходе сильно отличается от истинного положения, но постепенно угловое расстояние между этими точками уменьшается, поскольку видимое движение звезды медленнее истинного. Микрометрический винт должен замедлять перемещение телескопа относительно его собственного суточного движения до тех пор, пока видимые и истинные координаты звёзд не совпадут. Такое движение также не является линейным. Чем выше звезда над горизонтом, тем меньше величина такой компенсации и скорость компенсирующего движения.

Кроме того, во всех случаях наблюдения звёзд у горизонта требуется компенсация не только по прямому восхождению, но и по склонению. Для наблюдений в южном и северном сегментах неба величина компенсации по склонению может быть весьма значительной по абсолютной величине, но её изменение в течение времени фотографирования – мало, поскольку звезда перемещается по небу горизонтально.

Собственно от времени наблюдения (утро, вечер) компенсирующая скорость микрометрического винта не зависит. Однако, есть тонкий эффект, из-за которого по сути такая зависимость есть.

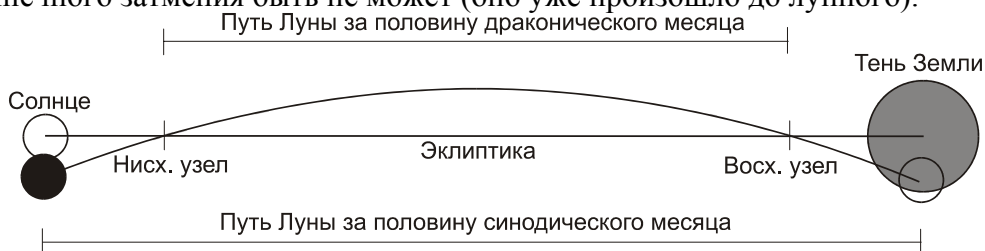
# Х Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

Дело в том, что угловое расстояние между видимым и истинным положениями звёзд зависит от коэффициента рефракции земной атмосферы, который, в свою очередь, зависит от температуры. Температура нижних слоев тропосферы в утренние и вечерние часы наблюдений разная, коэффициенты рефракции тоже разные. Поэтому графики компенсирующих скоростей микрометрического винта также должны быть разными.

Чем ниже температура, тем больше коэффициент рефракции; чем выше температура, тем ниже коэффициент рефракции. Поэтому, в утреннее время наблюдений "компенсирующая скорость" микрометрического винта также должна быть выше, чем в вечернее.

### 3. Затмения. (О.С. Угольников, март 2003).

Кратеры Коперник и Кеплер находятся в северном полушарии Луны, а кратер Тихо – в южном полушарии. Данное затмение было частным теневым с фазой, не меньшей 0,3-0,4, при этом Луна задела южную часть тени Земли. Такое затмение может произойти, если Луна не дошла нескольких градусов (около 5-6) до восходящего узла, или прошла на столько же далее нисходящего узла своей орбиты. Но, так как синодический полупериод обращения Луны (около 14,8 сут) больше, чем драконический (около 13,6 сут), то во втором из перечисленных случаев в ближайшее новолуние Луна уйдёт более чем на 18 градусов от восходящего узла орбиты, и солнечного затмения быть не может (оно уже произошло до лунного).

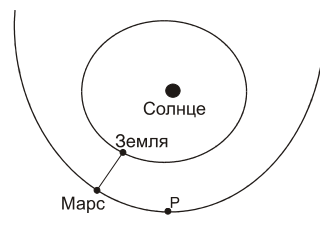


В первом же случае солнечное затмение произойдёт, и при этом Луна уже пройдёт нисходящий узел орбиты и окажется южнее эклиптики (см. рисунок). Данное затмение будет видно в южном полушарии Земли и не будет видно в северном полушарии, то есть, не будет видно и в России. (\*)

Примечание (\*): С той поправкой, что, конечно, затмение можно будет наблюдать с российских полярных станций в Антарктиде.

### 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".

---

# Х Российская олимпиада школьников по астрономии и физике космоса

---

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. Похищение Луны. (Е.С.Божурова, М.Г.Гаврилов, март 2003).

Заметим, что во время лунного затмения Луна находится за Землей по отношению к Солнцу, это означает, что Земля расположена в этот момент ближе к Солнцу, чем центр масс системы Земля-Луна, а иными словами – ближе, чем на среднем расстоянии от Солнца. Кроме того, Луна движется относительно Земли в том же направлении, что и система Земля-Луна вокруг Солнца. Это означает, что Земля движется в обратном направлении относительно центра масс системы Земля-Луна. Следовательно, относительно Солнца скорость Земли в этот момент меньше, чем средняя (круговая).

Рассматривая любой из двух указанных факторов (то, что Земля в момент похищения Луны расположена ближе к Солнцу, и то, что её скорость – меньше средней), даже не учитывая другой, можно прийти к выводу, что новая орбита будет иметь меньшую полуось, а период обращения уменьшится. Действительно:

1. Уменьшилось расстояние до Солнца – если скорость не изменилась, то для нового положения она будет уже меньше круговой. То есть, Земля находится в афелии новой орбиты – большая полуось новой орбиты меньше, чем старой.

2. Уменьшилась скорость относительно Солнца – если расстояние не изменилось, то новая скорость будет меньше круговой. Земля находится в афелии новой орбиты – большая полуось новой орбиты меньше, чем старой.

Учитывая оба этих фактора, тем более получаем, что скорость Земли в момент похищения Луны, меньше круговой для той точки, где находится Земля. То есть, она находится в афелии новой орбиты. Таким образом, среднее расстояние от Земли до Солнца уменьшится и период обращения тоже уменьшится.

Примечание: количественно решение довольно сложно, ответы:

$$r_1 = 0,9991 \text{ а.е.} = 149,4 \text{ млн.км.}$$

$$T_1 = 364,8 \text{ суток.}$$