

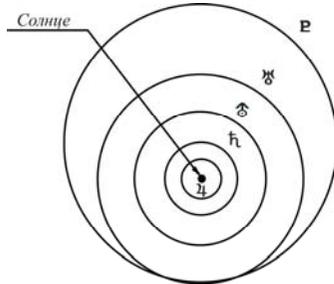
## IV Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике

Решения задач теоретического тура

г. Троицк,  
7-11 апреля

### 8-9 класс

- Только на экваторе. В этом легко убедиться, используя любой макет небесной сферы.
- Отношение афелия к перигелию у орбиты Плутона равно



$$\frac{A}{P} = \frac{a(1+e)}{a(1-e)} = \frac{1+e}{1-e} \approx 1.6$$

Малая полуось орбиты

$$b = \sqrt{a^2 - \Delta^2} = a\sqrt{1 - e^2} \approx 0.97a$$

То есть, на рисунке эллипс будет практически не отличаться от окружности, но Солнце (в фокусе) будет довольно далеко от центра этого эллипса. Заметим также, что из-за такого большого эксцентриситета перигелий орбиты Плутона ближе к Солнцу, чем Нептун.

- Чтобы нигде на планете день не сменялся ночью, требуется одновременное выполнение трёх условий:

- Угловые скорости орбитального и осевого вращения должны совпадать (другими словами – продолжительность звёздного года и звёздных суток должна быть одинаковой);
- Ось вращения планеты должна быть перпендикулярна плоскости орбиты (эклиптики);
- Планета должна иметь круговую орбиту, чтобы угловая скорость орбитального вращения не менялась в течение года.

Нарушение любого из этих условий является достаточным для того, чтобы на планете была смена дня и ночи.

- Полное солнечное затмение соответствует такому взаимному расположению Луны и Солнца на нашем небе, при котором диск Луны полностью покрывает диск Солнца. Лунный диск движется относительно солнечного с определенной скоростью, в первом приближении равной

$$u \approx 360^\circ/29.5 \text{ сут} \approx 0,51 \text{ угл.сек./сек.}$$

Очевидно, что максимальное время полного солнечного затмения будет в случае, когда центр лунного диска проходит через центр солнечного. (Это и есть принцип выбора места наблюдения: множество точек на местности, при наблюдении из которых центр одного диска проходит через центр другого, называется линией центра полосы затмения.)

В этом случае время между вторым и третьим контактами (то есть началом и окончанием полного затмения) лунный диск пройдёт относительно солнечного угловое расстояние

$$\delta = 2(\rho_s - \rho_o) = 68''.$$

Время полного затмения составит

$$\tau = \frac{\delta}{u} = \frac{68''}{0,51''/\text{сек}} \approx 134 \text{ сек}$$

Примечание: этот ответ получен в первом приближении, без учёта вращения Земли вокруг своей оси. (Все вычисления произведены относительно центра Земли, а не относительно её поверхности).

- Как известно, небесное тело является незаходящим в каком либо месте, если в нижней своей кульминации оно находится не ниже линии горизонта:

$$h = \varphi - (90^\circ - \delta) \geq 0^\circ,$$

то есть

$$\delta \geq 90^\circ - \varphi.$$

Таким образом, для города Троицка нам нужно, чтобы небесное склонение кометы было

$$\delta \geq 34^\circ 30'.$$

Из таблицы эфемерид находим, что это условие выполняется с 3 марта по 18 апреля.

- Максимальная высота светила, то есть точка верхней кульминации определяется по формуле:

$$h = \varphi - (90^\circ - \delta) \geq 0^\circ,$$

чем больше величина небесного склонения, тем выше поднимается небесное тело. Из таблицы находим, что эта максимальная величина небесного склонения у кометы Хейла-Боппа была 25 марта ( $\delta_{\max} = 45^\circ 50'$ ). Время кульминации – около полудня. Действительно, прямое восхождение кометы в этот день ( $\alpha = 00^{\text{h}}39^{\text{m}}$ ) практически совпадает с прямым восходом Солнца, которое в день весеннего равноденствия равно нулю и каждый день увеличивается примерно на  $04^{\text{m}}$ , то есть его можно оценить как  $\alpha_o = 00^{\text{h}}16^{\text{m}}$ . Таким образом, можно оценить время кульминации кометы как  $t_* = \alpha - \alpha_o = 00^{\text{h}}23^{\text{m}}$  после полудня (или в  $12^{\text{h}}31^{\text{m}} + 00^{\text{h}}23^{\text{m}} = 12^{\text{h}}54^{\text{m}}$  Московского зимнего времени).

Высота кометы при этом была  $h_{\max} = 45^\circ 50' + 90^\circ - 55^\circ 30' = 80^\circ 20'$ . Конечно, в это (дневное) время комета видна не была, но в тёмное время суток её можно было прекрасно наблюдать.