

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии, 2019 г.**

**10 класс**

**РЕШЕНИЯ**

1.11 ноября 2019 года произойдёт редкое астрономическое явление – прохождение Меркурия по диску Солнца. К сожалению, в Йошкар-Оле начало явления (15ч 36м по московскому времени) будет происходить практически во время захода Солнца. К тому же увидеть на диске Солнца Меркурий из-за малости его угловых размеров можно только с помощью телескопа, который обязательно, во избежание повреждения глаз, нужно оснастить специальным солнечным фильтром. Либо можно спроецировать изображение Солнца на экран.

Вычислите угловой диаметр Меркурия и определите, какое минимальное увеличение необходимо применить, чтобы увидеть его диск на фоне Солнца.

Воспользуйтесь следующими данными: большая полуось орбиты Меркурия  $a_M = 0,387$  а.е., радиус Меркурия  $R_M = 2440$  км, разрешающая способность глаза  $1'$ .

Прохождение по диску Солнца случается, когда Меркурий в нижнем соединении. Расстояние от Земли до Меркурия в это время

$$r = 1 \text{ а.е.} - 0,387 \text{ а.е.} = 0,613 \text{ а.е.} = 91,7 \text{ млн. км.}$$

$D_M = r \cdot \frac{\delta_M''}{206265''}$ , где  $D_M = 2R_M = 4880$  км - диаметр Меркурия. Значит, угловой диаметр Меркурия составляет

$$\delta_M'' = \frac{D_M \cdot 206265''}{r} = \frac{4880 \text{ км} \cdot 206265''}{91,7 \cdot 10^6 \text{ км}} \approx 11''.$$

Т.к. разрешающая способность глаза  $1' = 60''$ , минимальное необходимое увеличение:

$$G = \frac{60''}{11''} \approx 5,5^x$$

2. На какое небесное тело – Луну, Венеру или Марс – было проще осуществить мягкую посадку космического аппарата и почему?

На Венеру, в плотной атмосфере которой можно было осуществить посадку с парашютом.

3. Некоторое светило в Петербурге ( $60^\circ$  с.ш.) в верхней кульминации оказывается вдвое выше над горизонтом, чем в нижней кульминации. Найдите склонение светила.

1) Допустим, что в верхней кульминации светило наблюдается к югу от зенита, тогда:

$$h_s = 90^\circ - \varphi + \delta = 2h_n = 2 \cdot (\varphi + \delta - 90^\circ)$$

$$\delta = 270^\circ - 3\varphi = 270^\circ - 3 \cdot 60^\circ = 90^\circ$$

Это формальное решение получилось для полюса мира, который остаётся неподвижным. Поищем решение для светила, у которого наблюдаются верхняя и нижняя кульминации.

2) Пусть верхняя кульминация проходит к северу от зенита, тогда:

$$h_s = 90^\circ - \delta + \varphi = 2h_n = 2 \cdot (\varphi + \delta - 90^\circ)$$

$$\delta = \frac{270^\circ - \varphi}{3} = \frac{270^\circ - 60^\circ}{3} = 70^\circ$$

4. В ночь на 1 января 1801 года была открыта карликовая планета Церера, которая оказалась в противостоянии на расстоянии 1,75 а.е. от Земли. Орбита Цереры близка к круговой. Сколько полных оборотов вокруг Солнца сделала Церера с тех пор до начала 2019 года?

Поскольку Церера была в противостоянии на расстоянии от Земли 1,75 а.е., большая полуось её орбиты составляет  $1,75 \text{ а.е.} + 1 \text{ а.е.} = 2,75 \text{ а.е.}$

Из 3-го закона Кеплера найдём период обращения Цереры:

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{(2,75 \text{ а.е.})^3} = 4,56 \text{ года}$$

За  $2019 - 1801 = 218$  лет Церера совершила  $218 : 4,56 = 47,8$ , т.е. **47 полных оборотов.**

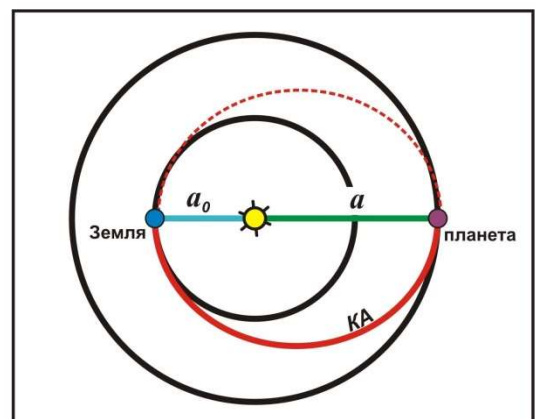
5. Звезда  $\alpha$  Центавра А похожа на Солнце, находится в 4,3 светового года от нас и имеет звёздную величину  $0^m$ . Какова была бы звёздная величина этой звезды, находясь она в центре нашей планетной системы вместо Солнца?

Пусть  $m_0 = 0^m$  и  $r_0 = 4,3 \text{ св.года} = 1,32 \text{ пк}$  – видимая звёздная величина  $\alpha$  Центавра А и расстояние до неё. Если поместить эту звезду в центр Солнечной системы на расстояние  $r = 1 \text{ а.е.} = 1/206265 \text{ пк}$ , то её звёздная величина станет равна:

$$m = m_0 + 5 \lg \frac{r}{r_0} = 0^m + 5 \lg \frac{1}{1,32 \cdot 206265} \approx -27,2^m$$

6. Полёт космического аппарата с Земли к некоторой планете по оптимальной (гомановской полуэллиптической) траектории занял 6 лет. Что это за планета?

Обозначим  $t = 6 \text{ лет}$  – время полёта по полуэллипсу, тогда период обращения по полному эллипсу составит  $2t$ . Используя 3-й закон Кеплера, вычислим большую полуось орбиты космического аппарата:



$$a_{KA} = \sqrt[3]{(2t)^2} = 5,24 \text{ a. e.}$$

С другой стороны

$$a_{KA} = \frac{a_0 + a}{2}$$

Где  $a_0$  и  $a$  – радиусы орбит Земли и планеты. Т.о., радиус (большая полуось) орбиты планеты:

$$a = 2a_{KA} - a_0 = 2 \cdot 5,24 - 1 = \mathbf{9,48 \text{ a. e.}}$$

Примерно такую большую полуось орбиты имеет планета **Сатурн**.