

Районный этап  
Всероссийской олимпиады  
по астрономии  
Санкт-Петербург

2019  
20  
ноября

---

10 класс

---

1. Объект Солнечной системы (229762) Гкькунль 'хомдима обращается вокруг Солнца с периодом около 620 лет, а минимальное расстояние от него до Солнца составляет 38 а.е. Оцените, во сколько раз для земного наблюдателя отличаются максимальный и минимальный видимый угловой диаметр объекта.

**Решение:**

Поскольку период обращения,  $a$ , следовательно, и большая полуось орбиты объекта существенно больше соответствующих значений для орбиты Земли, то наибольший видимый угловой диаметр будет достигаться в окрестности перигелия орбиты, а наименьший — вблизи афелия (вне зависимости от положения плоскости орбиты относительно эклиптики и положения Земли на орбите).

По третьему закону Кеплера определим большую полуось объекта. Если период  $T$  выражен в годах, а большая полуось орбиты  $a$  — в астрономических единицах, то

$$T^2 = a^3,$$

откуда

$$a^3 = (6.2 \cdot 10^2)^2 = 3.8 \cdot 10^5 \Rightarrow a \approx 73 \text{ а.е.}$$

Определим расстояние до астероида в афелии. Сумма расстояний в афелии и перигелии равно удвоенному значению большой полуоси, тогда афелийное расстояние составляет  $r_\alpha = 2 \cdot a - r_\pi = 2 \cdot 73 - 38 = 108 \text{ а.е.}$

Отношение угловых диаметров будет обратно пропорционально отношению расстояний:

$$\frac{d_\pi}{d_\alpha} = \frac{r_\alpha + a_\oplus}{r_\pi - a_\oplus} = \frac{108}{38} = 2.8.$$

**Оценивание:**

Явно сделанный вывод, что разницей при наблюдении объекта с Земли и с Солнца можно пренебречь, оценивается 2 баллами. Запись III закона Кеплера и вычисление большой полуоси орбиты — 3 балла, вычисление расстояния в афелии — 2 балла, получение итогового ответа — 1 балл.

*А.В.Веселова*

2. В планетной системе по круговым орбитам, лежащим в одной плоскости, в одном и том же направлении вокруг звезды движутся три планеты с периодами обращения 1.0, 1.1 и 2.0 года. В некоторый момент произошел парад планет (три планеты оказались на одной прямой по одну сторону от звезды). Через какой промежуток времени парад планет повторится?

**Решение:**

Перейдем в систему отсчета наиболее далекой от звезды планеты. В момент парада две другие планеты должны оказаться с ней на одной линии, то есть для обеих планет должна

повториться конфигурация (внутренние планеты оказываются в нижнем соединении). Тогда искомый промежуток времени должен содержать целое число синодических периодов обращения для внутренних планет относительно внешней.

Синодический период первой планеты относительно третьей равен

$$\frac{1}{S_{13}} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_3}, \quad S_{13} = \frac{T_1 T_3}{T_3 - T_1} = \frac{1 \cdot 2}{2 - 1} = 2.$$

Синодический период второй планеты относительно третьей равен

$$\frac{1}{S_{23}} = \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_3}, \quad S_{23} = \frac{T_2 T_3}{T_3 - T_2} = \frac{1.1 \cdot 2}{2 - 1.1} = \frac{22}{9}.$$

Должно выполняться равенство

$$S = mS_{13} = nS_{23}, \quad m \cdot 2 = n \cdot \frac{22}{9}, \quad m = n \cdot \frac{11}{9}, \quad 9m - 11n = 0.$$

Поскольку  $m$  должно делиться на 11, минимально возможное значение  $m = 11$ , а тогда  $n = 9$ . Тогда период повторения парада планет составит 22 года.

#### Оценивание:

Запись выражения для синодического периода (или эквивалентное ей рассмотрение относительных угловых скоростей планет) оценивается 3 баллами. Вычисление каждого из двух синодических периодов оценивается 1 баллом, вычисление итогового ответа — 3 балла.

*А.В.Веселова*

3. Каскад Кембла — астеризм в созвездии Жираф. Он представляет собой цепочку звезд, выстроившихся в почти прямую линию длиной в 5 диаметров Луны. Оцените линейное расстояние между крайними звездами цепочки, если одна из них находится на расстоянии 7 кпк от Земли, а другая — 5 кпк.

#### Решение:

Угловое расстояние между крайними звездами каскада равно  $2^\circ.5$ , т.к. известно, что угловой диаметр диска Луны на небе равен  $0^\circ.5$ . Линейное расстояние между звездами можно вычислить по теореме косинусов, но, в виду малости угла, косинус с точностью до двух знаков после запятой равен единице. Тогда расстояние можно вычислить как разность данных в условии расстояний:  $7 - 5 = 2$  кпк.

#### Оценивание:

Определение углового расстояния между звездами или явное указание, что соответствующий угол мал, оценивается 4 баллами. Вычисление итогового ответа (в том числе и с использованием теоремы косинусов или других подобных подходов) — 4 балла. Получение ответа с заведомо избыточной точностью (3 и более значащие цифры) снижает итоговую оценку на 2 балла (в том числе и при получении неправильного численного ответа).

*В.В.Григорьев*

4. Аппарат OSIRIS-REx в данный момент исследует околоземный астероид Бенну, обращаясь вокруг астероида на средней высоте 1.5 км над его поверхностью. Средний диаметр астероида составляет  $5.6 \cdot 10^2$  метров, а его масса —  $1.4 \cdot 10^{11}$  кг. Определите период обращения аппарата.

#### Решение:

Запишем третий закон Кеплера для аппарата и астероида (при этом массой аппарата можно пренебречь), обозначив  $T$  искомый период, радиус орбиты  $a = h + D/2 = 15 \cdot 10^2 + 2.8 \cdot 10^2 = 1.8 \cdot 10^3$  метров,  $M$  — масса астероида:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

Отсюда

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 a^3}{GM}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot (1.8 \cdot 10^3)^3}{6.7 \cdot 10^{-11} \cdot 1.4 \cdot 10^{11}}} \approx 1.6 \cdot 10^5 \text{ секунд} \approx 1.8 \text{ суток.}$$

### Оценивание:

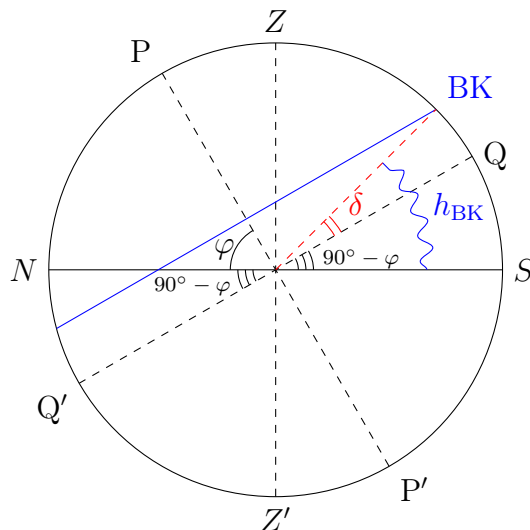
Запись III закона Кеплера оценивается 3 баллами. Знание значения гравитационной постоянной — 2 балла. Еще 3 баллами оценивается вычисление итогового ответа.

*В.В.Григорьев*

5. Видимая звездная величина Проциона за пределами земной атмосферы составляет  $0^m.40$ . Найдите видимую звездную величину Проциона в момент верхней кульминации для наблюдателя в Петербурге, если известно, что склонение Проциона  $\delta = +5^\circ$ , а изменение звездной величины объекта из-за поглощения в атмосфере  $\Delta m$  зависит от зенитного расстояния  $z$  как  $\Delta m = 0^m.2 / \cos z$ .

### Решение:

Вспомнив формулу высоты объекта в верхней кульминации или построив чертеж, аналогичный изображенному ниже ( $\varphi$  — широта места наблюдения),



запишем  $h_{\text{БК}} = 90^\circ - \varphi + \delta$ . Отсюда зенитное расстояние в верхней кульминации  $z_{\text{БК}} = 90^\circ - h_{\text{БК}} = \varphi - \delta$ . Подставляя сюда широту города и известное из условия склонение Проциона, получаем  $z_{\text{БК}} = 55^\circ$ , откуда поглощение в атмосфере  $\Delta m = 0^m.2 / \cos 55^\circ \approx 0^m.35$ . Поскольку поглощение света (т.е. его ослабление) увеличивает звездную величину, Процион в верхней кульминации окажется равной  $0^m.40 + 0^m.35 = 0^m.75$ .

### Оценивание:

Получение выражения для зенитного расстояния в верхней кульминации (любым способом, в том числе и с использованием формулы для высоты в верхней кульминации к югу

от зенита как известной) оценивается 3 баллами. Знание широты города — 2 балла. Вычисление итогового ответа оценивается 3 баллами, причем в том случае, если участник считает, что вследствие поглощения в атмосфере звездная величина объекта уменьшается, эти баллы не выставляются.

*П.А.Тараканов*