



XXVI Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
отборочный тур, решения

2019  
до 17  
января

7–8 классы

1. Две планеты имеют одинаковые угловые размеры для наблюдателя на Земле. Какие это могут быть планеты?

**Решение (8 баллов):**

Составим таблицу с минимальными и максимальными возможными угловыми размерами планет для наблюдателя на Земле. Минимальными размеры будут в случае наибольшего удаления планеты от наблюдателя, то есть при расстоянии  $1 + a$ , где  $a$  — большая полуось орбиты планеты (в а.е.). Максимальный размер достигается в случае минимального расстояния:  $|a - 1|$ . Угловые размеры планеты радиуса  $R$  на расстоянии  $r$  приближенно можно вычислить как  $\alpha = \frac{2R}{r} \cdot 206265''$ .

Планета	$\alpha_{\min}$	$\alpha_{\max}$
Меркурий	5''	11''
Венера	10''	60''
Марс	3.7''	18''
Юпитер	32''	47''
Сатурн	16''	19.5''
Уран	3.6''	4.0''
Нептун	2.2''	2.3''

Заметим, что интервалы для видимых угловых размеров пересекаются для Меркурия, Венеры и Марса, для Юпитера и Венеры, для Венеры, Марса и Сатурна, а также для Марса и Урана.

2. Астроном из Москвы наблюдает Меркурий в восточной элонгации. Кто из его коллег — житель Екатеринбурга или Калининграда — может успеть в те же сутки провести аналогичные наблюдения?

**Решение (8 баллов):**

Восточная элонгация означает вечернюю видимость. Даже вблизи дня летнего солнцестояния от захода Солнца до начала следующего дня проходит не менее 3 часов, поэтому в Екатеринбурге идут те же сутки, Меркурий либо низко над горизонтом, либо уже зашел. Соответственно, успеет провести наблюдения житель Калининграда.

3. Наблюдатель, находящийся в кенийском городе Накуру, направил телескоп точно в зенит, чтобы полюбоваться кратерами на Луне. Рассчитайте, как быстро Луна полностью выйдет из поля зрения неподвижного телескопа, если изначально она находилась в его центре. Размер поля зрения телескопа составляет  $2^\circ$ . В какой фазе находилась Луна, если было 18 часов местного времени?

**Решение (8 баллов):**

Широта Накуру  $0^\circ 17'$  ю.ш., т.е. он находится почти точно на экваторе. Между двумя последовательными одноименными кульминациями Луны проходит примерно 25 часов

(точнее 24 часа 50 минут), однако тут можно пренебречь движением Луны на фоне звезд и считать, что Луна движется вместе с небесной сферой, совершая один оборот за 24 часа. Тогда Луна проходит  $(1/4)^\circ$  за минуту, а чтобы полностью уйти из поля зрения телескопа, ей надо пройти радиус поля зрения (т.е.  $1^\circ$ ) и еще собственный угловой радиус (т.е.  $(1/4)^\circ$ ). Следовательно, Луна уйдет из поля зрения телескопа через 5 минут.

Поскольку Луна была в зените в 18 часов на экваторе, это означает, что она отстает от Солнца на четверть оборота, т.е., находится в первой четверти.

4. Для связи с марсоходами используется радиосвязь, что позволяет посылать им команды даже днем. Тем не менее существуют промежутки времени, когда марсоход не может получить команды с Земли. Перечислите возможные причины этого. Оцените, насколько длительным может быть такой промежуток времени из-за той или иной причины. Для упрощения задачи можно считать, что орбита Марса лежит в плоскости орбиты Земли.

**Решение (8 баллов):**

Связаться с марсоходом невозможно, если:

- на Марсе пылевая буря (из-за чего марсоход не может зарядить аккумуляторы и вынужден работать в режиме экономии энергии);
- марсоход на невидимой стороне Марса (то есть почти всегда ночью);
- Марс «прячется» за Солнцем, т.к. оно не прозрачно для внешнего излучения.

Продолжительность пылевых бурь на Марсе достигает сотни суток. В случае невидимой стороны Марса с марсоходом не удастся связаться в течение чуть больше 12 часов. Наконец, перерыв из-за соединения Марса с Солнцем составляет примерно месяц. Можно отметить также, что последний перерыв может оказаться и больше, если в это время на Солнце происходят вспышки.

5. В ядре галактики M60–UCD1 находится черная дыра с массой около 20 миллионов масс Солнца, что составляет 15% от массы всей галактики. При этом половина массы всей галактики заключена в центральной области диаметром 160 световых лет. Какая в среднем масса приходится на кубический парсек в этой области?

**Решение (8 баллов):**

Определим массу всей галактики: поскольку масса черной дыры составляет 15% массы всей галактики, то полная масса равна

$$\mathfrak{M} = \frac{2 \cdot 10^7 \mathfrak{M}_\odot}{0.15} = 1.3 \cdot 10^8 \mathfrak{M}_\odot.$$

Поскольку в 1 парсеке приблизительно 3.26 светового года, то диаметр центральной части, выраженный в парсеках, равен  $160/3.26 = 49$  пк. Объем данной области равен

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi D^3 = 6.2 \cdot 10^4 \text{ пк}^3.$$

Тогда средняя масса, приходящаяся на 1 кубический парсек, равна

$$m = \frac{0.5\mathfrak{M}}{V} = \frac{0.5 \cdot 1.3 \cdot 10^8 \mathfrak{M}_\odot}{6.2 \cdot 10^4 \text{ пк}^3} \approx 10^3 \mathfrak{M}_\odot.$$