



XXIV Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
отборочный тур, решения

2017

2 декабря  
16 января

7–8 классы

1. Как известно, географические полюса немного перемещаются по поверхности Земли, и их положение в некоторый момент известно с погрешностью  $0''.002$ . Какому расстоянию (в единицах длины) на поверхности Земли соответствует эта погрешность?

**Решение (8 баллов):**

Известно, что одна морская миля 1852.3 метра соответствует  $1'$  дуги меридиана (а если не известно, то это легко показать, достаточно поделить длину окружности меридиана  $4 \cdot 10^7$  м на количество угловых минут в окружности  $360 \cdot 60 = 21600'$ ).  $0''.002$  меньше  $1'$  в 30 000 раз ( $60''/0''.002 = 30\,000$ ). Следовательно, в метрической системе точность измерений также возрастет в 30 000 раз, т.е.  $0''.002$  будет соответствовать  $1852.3/30\,000 \approx 0.06$  м = 6 см.

2. Первая планета оказывается в противостоянии чаще, чем вторая. Какая из них расположена дальше от Солнца?

**Решение (8 баллов):**

То, что первая планета чаще бывает в противостоянии, чем вторая, означает, что синодический период (промежуток времени между противостояниями) первой планеты  $S_1$  меньше, чем второй  $S_2$ , т.е.  $S_1 < S_2$ . Синодический период  $S$  связан с сидерическим периодом (периодом обращения)  $T$  следующим образом:  $1 - 1/T = 1/S$  (для внешней планеты, наблюдаемой с Земли, если все периоды измеряются в годах). В свою очередь,  $T$  определяется большой полуосью орбиты планеты  $a$ , причем  $T^2 \propto a^3$ , так что чем больше сидерический период, тем дальше планета от Солнца.

$S_1 < S_2$ , следовательно,  $1/S_1 > 1/S_2$ , поэтому  $1 - 1/T_1 > 1 - 1/T_2$ , откуда следует, что  $1/T_1 < 1/T_2$  и, наконец,  $T_1 > T_2$ . Таким образом, первая планета находится дальше от Солнца, чем вторая.

3. В конце октября на небе, рядом с тонким серпом старой Луны, можно было невооруженным глазом наблюдать планету. В какое время суток наблюдалась эта картина? Что это могла быть за планета? Как изменится последний ответ, если известно, что планета была яркой? Ответы обоснуйте.

**Решение (8 баллов):**

Старый тонкий серп Луны виден незадолго до восхода Солнца. Значит эта картина наблюдалась утром. Серп тонкий, следовательно, это происходило вблизи новолуния, так что планета была вблизи соединения с Солнцем, и в таких условиях принципиально возможно увидеть все планеты, которые вообще можно увидеть невооруженным глазом: Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн. Однако Меркурий и Сатурн яркими не бывают, а яркие вблизи противостояния Юпитер и Марс вблизи соединения сильно уступают в блеске Венере. Следовательно, если планета была яркой, то это Венера.

4. Почему телевизионные спутниковые антенны-«тарелки» в Петербурге всегда ориентированы примерно в южном направлении?

**Решение (8 баллов):**

«Тарелка» всегда должна быть направлена на спутник. Поскольку она закреплена, это означает, что спутник по отношению к ней должен всегда находиться в одной и той же точке неба. Это возможно, если период обращения спутника по орбите равен периоду осевого вращения Земли (и направления вращения совпадают). Однако необходимо выполнить еще два условия — орбита должна быть круговой и лежать в плоскости земного экватора, иначе спутник будет периодически перемещаться либо по линии восток–запад (при эллиптической орбите), либо по линии север–юг (если орбита наклонена к экватору). Орбита, удовлетворяющая всем этим условиям, существует и называется геостационарной.

Таким образом, «тарелка» должна быть наведена на какую-то точку геостационарной орбиты, где находится нужный спутник-ретранслятор. Однако, поскольку все эти точки расположены над экватором Земли, в северном полушарии (где находится Петербург) все такие точки будут располагаться в южном направлении.

5. При моделировании диска Галактики в рамках задачи N тел рассматривается система из  $5 \times 10^6$  частиц. Какую массу (в кг) и объем (в пк<sup>3</sup>) представляет такая «частица», если масса диска Галактики равна  $\sim 5 \cdot 10^{10}$  масс Солнца и средняя плотность вещества в окрестностях Солнца составляет 0.1 массы Солнца в кубическом парсеке?

**Решение (8 баллов):**

Масса частицы равна  $M = \frac{5 \cdot 10^{10} M_{\odot}}{5 \cdot 10^6} = 10^4 M_{\odot} = 10^4 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг} = 2 \cdot 10^{34} \text{ кг}$ .

Объем, приходящийся на такую массу, равен  $V = \frac{M}{\rho} = \frac{10^4 M_{\odot}}{0.1 M_{\odot} / \text{пк}^3} = 10^5 \text{ пк}^3$ .