

**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
Ленинградская область**

**2022  
17  
ноября**

---

*9 класс*

---

**Максимальный балл за всю работу равен 40**

1. Начинающий астроном Боря ведет у себя дома дневник наблюдений. На прошлой неделе в нем появилась такая запись: «Марс сегодня виден очень отчетливо, сразу после заката его тонкий серп появился на западе. Венеру увидеть не удалось: она, как и Солнце, сейчас в созвездии Козерога. Меркурий неплохо виден: сегодня он как раз перешел в созвездие Рыб и восходил уже после заката.» Нет ли в записях Бори ошибок?

**Решение (8 баллов):**

Ошибки присутствуют в каждом утверждении:

- 1) Марс — внешняя планета, причем его видимые размеры не превышают разрешающую способность человеческого глаза, что не дает возможности различить фазу невооруженным глазом. Даже если предположить, что Боря воспользовался телескопом, то утверждение не становится верным: как внешняя планета, Марс наблюдается с фазой более 0.5 — для земного наблюдателя освещена хотя бы половина видимого диска. Поэтому в виде тонкого серпа Марс для земного наблюдателя не виден принципиально.
- 2) В созвездии Козерога Солнце находится с 20 января по 15 февраля, что точно не совпадает ни с текущим моментом, ни с периодом недельной давности.
- 3) Меркурий не отходит от направления на Солнце дальше, чем на  $30^\circ$ , поэтому в созвездии Рыб он может находиться приблизительно с конца зимы по середину весны.

**Комментарии:**

Указание на неверное утверждение №1 — 1 балл, обоснование — 2 балла. Указание на неверное утверждение №2 — 1 балл, обоснование — 1 балл. Указание на неверное утверждение №3 — 1 балл, обоснование — 2 балла.

2. Вокруг звезды Росс 508 обращается планета-суперземля Росс 508b с массой не менее 4 масс Земли. Предположив среднюю плотность планеты равной средней плотности Земли, оцените радиус Росс 508b. Радиус Земли считать равным 6400 км.

**Решение (8 баллов):**

Масса объекта равна произведению его объема и плотности:

$$M = V \cdot \rho.$$

Считая планеты, шарообразными, воспользуемся формулой объема шара:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3.$$

Запишем выражение для отношения массы планеты и Земли:

$$\frac{M}{M_{\oplus}} = \frac{\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3 \rho_{\oplus}}{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_{\oplus}} = \frac{R^3}{R_{\oplus}^3}.$$

Отсюда получаем соотношение для радиусов

$$4 = \left( \frac{R}{R_{\oplus}} \right)^3.$$

Следовательно, радиус планеты равен  $\sqrt[3]{4}R_{\oplus} \approx 1.6R_{\oplus} \approx 10200$  км.

**Комментарии:**

Получение отношения для масс как отношений кубов радиусов изложенным в решении способом или постулирование, что при одинаковой плотности масса пропорциональна кубу размера — 4 балла (в случае использования неправильных коэффициентов в выражении для объема шара оценка за этот этап снижается на 2 балла). Вычисление итогового ответа — 4 балла.

3. В далёкой планетной системе вокруг центральной звезды с радиусом 0.5 радиуса Солнца по круговым орбитам обращаются две планеты. С первой планеты центральная звезда видна под углом 0.5 градуса, со второй звезды — под вдвое меньшим углом. Чему в астрономических единицах равен радиус орбиты второй планеты?

**Решение (8 баллов):**

Заметим, что для малых углов величина угла обратно пропорциональна расстоянию до наблюдаемого объекта. Следовательно, вторая планета находится вдвое дальше от звезды, чем первая.

Для земного наблюдателя Солнце имеет угловые размеры около  $0.5^\circ$ , но по условию звезда имеет вдвое меньший радиус. Следовательно, наблюдатель на первой планете вдвое ближе к звезде, чем Земля к Солнцу, то есть радиус орбиты первой планеты равен 0.5 а.е. Вторая планета находится вдвое дальше, следовательно, радиус орбиты второй планеты равен 1.5 а.е.

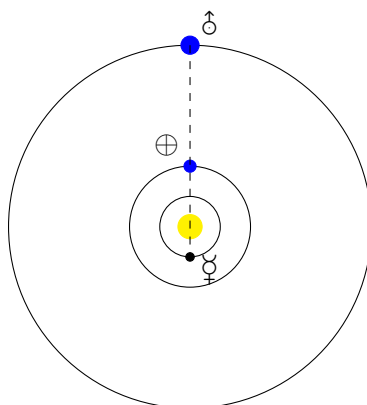
**Комментарии:**

Вывод о том, что вторая планета находится вдвое дальше, чем первая — 3 балла. Знание (или оценка) углового размера Солнца на земном небе — 3 балла. Вычисление и формулировка итогового ответа — 2 балла.

4. Меркурий вступил в верхнее соединение с Солнцем 8 ноября. Уран оказался в противостоянии с Солнцем 9 ноября. Оцените расстояние между Меркурием и Ураном в эти дни в астрономических единицах. Орбиты планет считайте круговыми. Радиус орбиты Меркурия равен 0.4 а.е., Урана — 19 а.е.

**Решение (8 баллов):**

То, что Меркурий находится в верхнем соединении с Солнцем, означает, что он для наблюдателя с Земли расположен ровно за Солнцем. Уран в противостоянии располагается на одной линии с Землей и Солнцем так, что Земля находится ровно между Солнцем и Ураном. Таким образом, Уран, Земля, Солнце и Меркурий 8–9 ноября располагались примерно таким образом как на рисунке:



Это означает, что расстояние между Меркурием и Ураном равно сумме радиусов их орбит, т.е. 19.4 а.е.

**Комментарии:**

Понимание того, что такое верхнее соединение и противостояние, выраженное словами или рисунком, оценивается в 2 балла каждое, вывод о том, что расстояние — это сумма радиусов, стоит 2 балла, окончательное вычисление — ещё 2 балла. Если участник ошибается и вместо верхнего соединения считает расстояние для нижнего (тем самым получая разность радиусов и 18.6 а.е.), то оценка снижается на 1 балл.

5. Начинаящий астроном Боря узнал, что координаты звезд могут меняться со временем. Так, современные экваториальные координаты одной из звезд Дракона равны  $\alpha = 14^h 4^m 23^s$ ,  $\delta = +64^\circ 22' 33''$ , а изменение координат за год составляет  $-0''.13$  и  $+0''.017$  соответственно. На какое угловое расстояние на небе сдвинется звезда за 100 лет?

**Решение (8 баллов):**

Сначала обратим внимание на единицы измерения: изменение прямого восхождения указано в угловых секундах, как и изменение склонения, что удобно. Рассчитаем изменение координат за 100 лет, считая темп изменения координат неизменным. Прямое восхождение изменится на  $-13''$ , склонение — на  $1''.7$ .

Прямое восхождение и склонение отсчитываются перпендикулярно друг другу, поэтому возникает идея вычислить пройденное расстояние, используя теорему Пифагора. Однако следует вспомнить, что изменение прямого восхождения измеряется вдоль небесного экватора, реальное же смещение по прямому восхождению происходит по малому кругу, проходящему на склонении  $+64^\circ 22' 33''$ . Таким образом, реальное смещение по небу параллельно небесному экватору произойдет на угол  $-13'' \cos(+64^\circ 22' 33'') = -5''.6$ . Далее определяем смещение звезды на небе по теореме Пифагора:

$$l = \sqrt{(-5''.6)^2 + (1''.7)^2} = 5''.9.$$

**Комментарии:**

Учет косинуса склонения при вычислении смещения по прямому восхождению — 4 балла. Вычисление итогового ответа — 4 балла. Если первый этап не выполнен, оценка за задачу не может превышать 4 баллов.