



**XIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада**  
очный отборочный тур, решения

**2011**  
**12**  
**ноября**

---

*7–8 классы*

---

1. Один любитель астрономии утверждал, что однажды, наблюдая в полночь «парад планет» в телескоп с большим полем зрения, он видел все планеты Солнечной системы сразу. Возможно ли это? Ответ обоснуйте.

**Решение:**

**Невозможно.** Наблюдая в полночь звездное небо, мы смотрим в сторону, противоположную той, где находится Солнце. В этой области неба можно наблюдать только внешние планеты, которые находятся дальше от Солнца, чем Земля. Внутренние планеты — Венера и Меркурий — в полночь увидеть невозможно, на небе они не отходят далеко от Солнца. Правда, все планеты могут оказаться над горизонтом в полночь во время полярного дня (или «белых ночей» — летних сумерек, когда Солнце находится неглубоко под горизонтом). Однако в этом случае небо будет достаточно ярким для того, чтобы увидеть все планеты в телескоп было невозможно.

2. 25 ноября этого года произойдет частное солнечное затмение, а в декабре произойдет лунное затмение. Оцените дату наступления этого лунного затмения и его тип (частное, полное, полутеневое)? Ответ обосновать.

**Решение:**

Солнечное затмение происходит тогда, когда Луна находится в новолунии. Лунное — в полнолунии. Следовательно, между затмениями должно пройти примерно полмесяца, т.е. около 15 дней. Таким образом, лунное затмение наступит **10 декабря**.

Благоприятный для затмений период, когда Луна находится около узла своей орбиты (точки пересечения орбиты Луны с эклипстикой), длится каждый раз около месяца. Так как солнечное затмение будет частным и известно, что после него еще произойдет лунное затмение, т.е. Луна еще не выйдет из «зоны затмений» как минимум полмесяца, то очевидно, что солнечное затмение произойдет тогда, когда Луна еще не дойдет до соответствующего узла своей орбиты. Таким образом лунное затмение произойдет, когда Луна будет достаточно близко от узла, и затмение, скорее всего, будет **полным или, по крайней мере, частным с большой фазой** (т.е. большая часть Луны будет находиться в тени Земли).

На самом деле затмение будет 10 декабря и будет полным, но Луна пройдет практически по краю земной тени.

3. Недавно все СМИ шумели о сенсационном открытии: физики измерили скорость нейтрино и она оказалась якобы на 0.0025% больше скорости света! Известно, что во время вспышки сверхновой в галактике Большое Магелланово облако 23 февраля 1987 года (знаменитая SN1987A) наряду с оптической (световой) была зарегистрирована и вспышка нейтрино. Считая, что данные о скорости нейтрино, измеренной недавно физиками, верны, а оптическая вспышка и вспышка нейтрино произошли одновременно, оцените время, на которое нейтрино, добравшиеся до Земли, опередили бы свет. Расстояние до Большого Магелланова облака 168 000 световых лет.

**Решение:**

Обозначим  $v_n$  — скорость нейтрино,  $c$  — скорость света,  $t_n$  — время, за которое нейтрино от вспышки достигнут Земли,  $t_c$  — время, за которое свет достигнет Земли. По условию  $v_n = c + kc$ , где  $k = 2.5 \cdot 10^{-5}$ . Так как и нейтрино, и свету необходимо преодолеть одинаковое расстояние, то  $v_n \cdot t_n = c \cdot t_c$ . Отсюда

$$\frac{t_c}{t_n} = \frac{v_n}{c} = \frac{c + kc}{c} = 1 + k.$$

Таким образом  $t_c = t_n + kt_n$  (свет идет дольше, чем нейтрино, т.к. его скорость меньше). Нужно найти разность между временем прихода нейтрино и временем прихода света. Из последнего выражения мы сразу можем записать, что

$$t_c - t_n = kt_n.$$

Время  $t_n$  неизвестно, но

$$t_n = \frac{t_c}{1 + k},$$

а время  $t_c$  известно, т.к. известно расстояние до Большого Магелланова облака в световых годах, т.о.  $t_c = 168\,000$  лет.

Из всего этого получаем

$$t_c - t_n = \frac{kt_c}{1 + k} \approx kt_c \approx \mathbf{4.25 \text{ года.}}$$

*Примечание.* В реальности при вспышке сверхновой 1987A нейтрино достигли Земли раньше света, но всего примерно на 3 часа, причем связано это с тем, что нейтрино при вспышке сверхновой и испускаются раньше на несколько часов. Эта разница во много раз меньше той, которая получилась бы, если бы нейтрино двигались насколько быстрее скорости света.

4. Сатурн в этом ноябре весь месяц медленно движется по созвездию Девы. Можно ли его наблюдать в ноябре в наших широтах? Если можно, то назовите наиболее благоприятное для этого время суток.

**Решение:**

Дева — зодиакальное созвездие, в котором Солнце бывает в сентябре–октябре. В ноябре Солнце находится в соседних созвездиях, постепенно «отодвигаясь» от Сатурна почти

исключительно за счет движения Земли по своей орбите (можно считать, что в течение одного месяца Сатурн практически не движется). Солнце сдвигается навстречу своему суточному движению, как бы отставая от звезд и, соответственно, от Сатурна. Таким образом, Сатурн каждый день восходит все раньше и раньше, чем Солнце, и заходит, соответственно, тоже, все раньше и раньше. Очевидно, что вечером Сатурн зайдет раньше Солнца и, следовательно, на вечернем небе мы его не увидим. А вот утром Сатурн восходит раньше, чем Солнце, и шанс его увидеть есть. К концу месяца Солнце отодвинется от Сатурна, как минимум, на  $30^\circ$ , поэтому увидеть Сатурн в ноябре в наших широтах вполне **возможно утром** до восхода Солнца.

5. Существует гипотеза, в соответствии с которой Луна образовалась из вещества, выброшенного из Земли в результате падения на нее метеорита, а на том месте, откуда была вырвана Луна, образовался Тихий океан. Подтвердите или опровергните эту гипотезу, имея в виду, что диаметр Луны примерно в четыре раза меньше диаметра Земли.

**Решение:**

**Гипотеза неверна.**

Чтобы понять, хватит ли вещества, вырванного из Земли в районе Тихого океана, для создания Луны, нужно сравнить объемы океана и Луны.

Если вспомнить карту Земли, то можно отметить, что по площади Тихий океан занимает не более половины поверхности земного шара (на самом деле чуть больше трети, но нас устроит очень грубая оценка сверху). Среднюю глубину его можно принять равной 10 км, хотя и это заведомо завышенное значение (самая большая глубина в океане и вообще на Земле около 11 км, а средняя глубина Тихого океана, несмотря на то, что она самая большая среди четырех океанов, на самом деле чуть меньше 4 км). Тогда мы можем оценить максимально возможный объем Тихого океана  $V_{\text{океан}}$ , умножив его площадь на глубину. Площадь океана оценим как  $\pi R_{\oplus}^2$ , считая его поверхность кругом с радиусом равным радиусу Земли  $R_{\oplus}$  (кто не знает формулы площади круга, может взять квадрат со стороной равной диаметру Земли, т.е.  $2R_{\oplus}$ ). Тогда объем океана оценивается как  $V_{\text{океан}} \approx \pi R_{\oplus}^2 \cdot 10 \approx 30R_{\oplus}^2$ . Формально правильнее было бы считать, что площадь океана равна половине площади сферы с радиусом, равным радиусу Земли ( $2\pi R_{\oplus}^2$ ), это увеличит результат ровно в два раза.

Так как диаметр Луны примерно в 4 раза меньше диаметра Земли, то объем Луны  $V_{\text{л}}$  примерно в  $4^3 = 64$  раза меньше объема Земли. Объем Земли можно оценить как объем куба со стороной равной диаметру Земли  $2R_{\oplus}$ , т.е.  $8R_{\oplus}^3$ . В этом случае объем получится немного преувеличенным, раза в 2, что легко понять, нарисовав соответствующие шар и куб, но это не страшно. Те, кто знает формулу объема шара  $V = 4/3\pi R^3$ , могут пользоваться ею. Таким образом, оцениваем объем Луны в  $V_{\text{л}} \approx R_{\oplus}^3/8$ .

Теперь сравним полученные объемы.

$$\frac{V_{\text{л}}}{V_{\text{океан}}} = \frac{R_{\oplus}^3/8}{30R_{\oplus}^2} = \frac{R_{\oplus}}{240} \approx \frac{6400}{240} \approx 27.$$

Видно, что объем Луны примерно в 27 раз превышает объем Тихого океана. Таким образом, вещества, вырванного из Земли на месте Тихого океана, заведомо не хватило бы для образования Луны.

*Примечание.* Кстати, несмотря на то, что считали мы весьма приближенно, реально объем Луны превышает объем Тихого океана примерно в 28 раз, так что итоговый результат получился верный.