

Районный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
Санкт-Петербург

8 класс

Критерии оценивания

1. По некоторым оценкам, квазар J1144–4308 поглощает вещество с очень высоким темпом: приблизительно одну массу Земли в секунду! Сколько звезд, подобных Солнцу, по массе поглощает квазар за год? Масса Земли равна $6 \cdot 10^{24}$ кг, масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Решение:

Оценим количество секунд в году: в среднем в году 365.2422 суток, в каждом сутках $24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400$ секунд. Тогда число секунд в году составит

$$365.2422 \cdot 86400 \approx 3.2 \cdot 10^7 \text{ с.}$$

Следовательно, за год будет поглощена масса

$$M = 6 \cdot 10^{24} \text{ кг/с} \cdot 3.2 \cdot 10^7 \text{ с} \approx 2 \cdot 10^{32} \text{ кг.}$$

Чтобы перевести это число в массы Солнца, мы должны разделить его на $2 \cdot 10^{30}$ кг:

$$N = \frac{2 \cdot 10^{32} \text{ кг}}{2 \cdot 10^{30} \text{ кг}} = 10^2.$$

Критерии оценивания:

Оценка (любым способом) числа секунд в году (достаточно одной значащей цифры) — 4 балла. Вычисление итогового ответа — 4 балла.

2. В одном из исследований, посвященных нашей Галактике, приведена такая статистика кратных звезд: на 55 одиночных звезд приходится 33 двойных системы, 8 тройных систем, 4 четверные системы и 1 система кратности 5 (или выше). На одном из снимков неба было насчитано 4980 отдельных звезд. Если считать, что звезды на снимке друг друга не перекрывают и все компоненты звезд видны, сколько на таком снимке запечатлено тройных систем?

Решение:

На 55 одиночных звезд приходится 8 тройных систем, и в них входит 24 звезды. Всего же на 55 одиночных звезд приходится $33 \cdot 2 = 66$ компонентов двойных звезд, $8 \cdot 3 = 24$ компонента тройных систем, $4 \cdot 4 = 16$ компонент четверных систем и 5 компонент пятикратных систем (более высокая кратность встречается крайне редко). Таким образом, 24 компонента тройных систем приходится на каждые $55 + 66 + 24 + 16 + 5 = 166$ компонент. Тогда среди 4980 отдельных звезд будет $24 \cdot \frac{4980}{166} = 720$ компонент тройных систем, то есть $720/3 = 240$ тройных систем.

Критерии оценивания:

Вычисление количества отдельных компонент по приведенным статистическим данным — 4 балла. Получение итогового ответа — 4 балла. Если участник не видит разницы между компонентами и системами в целом (например, получая 101 вместо 166), то общая оценка за задачу не может превышать 4 балла.

3. В.Я. Струве измерил годичный параллакс Веги и нашел, что он равен $0''.125 \pm 0''.055$. Определите минимально и максимально возможное расстояние от Веги до Солнца.

Решение:

Исходя из данных Струве, получаем, что минимально возможное значение параллакса равно $\pi_1 = 0''.125 - 0''.055 = 0''.07$, а максимально возможное — $\pi_2 = 0''.125 + 0''.055 = 0''.18$. Зная, что расстояние в парсеках — величина, обратная параллаксу в секундах, получаем $r_1 = 1/0.07 \approx 14$ пк, $r_2 = 1/0.18 \approx 5.6$ пк.

Критерии оценивания:

Знание соотношения между расстоянием и годичным параллаксом — 4 балла. Вычисление минимального и максимального параллаксов — по 1 баллу за каждый, вычисление минимального и максимального расстояний — по 1 баллу за каждое.

4. 8 ноября произошло лунное затмение, а Меркурий был в верхнем соединении с Солнцем. Известно, что в ноябре произойдет покрытие Меркурия Луной. Какого числа и в каком созвездии это случится, если движением Меркурия вокруг Солнца пренебречь? В какой примерно фазе при этом будет Луна? Определите, раньше или позже вычисленной даты произойдет покрытие в реальности (при учёте движения Меркурия вокруг Солнца).

Решение:

То, что 8 ноября было лунное затмение, означает, что Луна была в противоположной Солнцу точке земного неба и, следовательно, была в полнолунии. А Меркурий, когда находится в верхнем соединении, относительно Земли располагается на небе за Солнцем. Вспомнив, в какие даты года в каких созвездиях находится Солнце, можно определить, что Меркурий 8 ноября вместе с Солнцем был в созвездии Весов, а Луна — в противоположном ему, то есть в Овне.

По условию задачи движением Меркурия в течение месяца можно пренебречь. Следовательно, нужно узнать, какого числа Луна придет в ту точку, где Меркурий находился 8 ноября. Для этого Луне понадобится пройти среди звезд ровно половину полного оборота, что займет у нее половину сидерического месяца: $27.3/2 = 13.65 \approx 14$ дней. Следовательно, покрытия Луной Меркурия стоит ожидать $8 + 14 = 22$ ноября. Очевидно, что произойдет оно в созвездии Весов, так как предполагается, что Меркурий не движется. Фаза Луны будет очень сильно близка к новолунию, поскольку от полнолуния до новолуния проходит половина синодического месяца, около 15 дней. Так что Луна будет очень узким «старым» серпом.

В реальности Меркурий в окрестности верхнего соединения движется среди звезд в ту же сторону, что и Солнце. В ту же сторону движется и Луна. За полмесяца Меркурий уйдет немного вперед по движению Луны, так что Луне надо будет его немного догнать. Таким образом, в реальности покрытие произойдет позже (примерно на 2–3 суток).

Критерии оценивания:

Понимание, как будут располагаться светила в описываемый момент (выраженное словами и/или рисунком) — 2 балла. Указание на то, в каком созвездии находятся Солнце и Меркурий 8 ноября — 1 балл. Вычисление того, сколько времени понадобится Луне, чтобы дойти до Меркурия — 2 балла. Формулировка ответа на первые 2 вопроса задачи — 2 балла. Ответ на последний вопрос — 1 балл.

5. Джон Уильям Стретт, третий барон Рэлей, английский физик, внесший большой вклад в астрономию, родился 12 ноября 1842 года. В какой день недели это произошло?

Решение:

Несложно выяснить, что это случилось ровно $2022 - 1842 = 180$ лет назад.

12 ноября 2022 года — суббота. Также мы знаем, что в обычном году $365 = 52 \cdot 7 + 1$ дней, а в високосном — $366 = 52 \cdot 7 + 2$ дней. Среди 28 последовательных лет будет

21 невисокосный год и 7 високосных, поэтому спустя 28 лет распределение дней недели по датам месяца повторится. Не будем пока учитывать то, что 1900 год не был високосным, и поделим 180 лет на 28 с остатком. В остатке получится 12 лет, а это означает, что со дня рождения Рэля, кроме целого числа 28-летних циклов, прошло еще 12 лет. В прошлом году 12 ноября должно было приходиться на пятницу, в 2020 году — на четверг, в 2019 — на вторник (поскольку 2020 год был високосным), в 2018 — на понедельник и т.д. Выполняя последовательные сдвиги, получаем, что в 2010 году 12 ноября было пятницей. Таким образом, если бы не один дополнительный невисокосный год, то ответом была бы пятница. Но на самом деле со дня рождения Рэля прошло на один день меньше, поэтому ответ сдвигается на день вперед — получается суббота.

Есть и другой, технически более простой, но в то же время требующий больших знаний способ решения задачи. Поскольку средняя продолжительность года в григорианском календаре составляет 365.2425 суток, то за 180 лет должно было пройти $180 \cdot 365.2425 = 65743.65 \approx 65744$ суток. Поскольку это число делится на 7 без остатка, получаем, что с момента рождения Рэля прошло целое число недель, поэтому родился он в тот же день, в который проходит тур олимпиады — в субботу.

Критерии оценивания:

Знание устройства григорианского календаря (на существенном для решения задачи временном интервале) — 3 балла. Вычисление дня недели — 4 балла. Формулировка итогового ответа — 1 балл.