



XXVII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
теоретический тур, решения

2020
2
февраля

7–8 классы

1. В первой половине сентября 2019 года произошло противостояние Нептуна. Петербургский астроном хотел в том же сентябре удаленно пронаблюдать Нептун на телескопе, установленном в Чили. Часовой пояс телескопа — UT−3. В какое приблизительно время по времени Санкт-Петербурга следовало вести наблюдения?

Решение:

Поскольку Нептун находится в противостоянии с Солнцем, то он находится в противоположной точке неба по сравнению с Солнцем для земного наблюдателя. Тогда Нептун оказывается выше всего над горизонтом в ночное время суток (выше всего — в истинную солнечную полночь). Значит, в Чили в момент наблюдения время должно быть около полуночи. Часовой пояс Петербурга — +3. Таким образом, разность во времени между Петербургом и Чили составляет 6 часов. Чили находится западнее Санкт-Петербурга, поэтому во время полуночи в Чили в Петербурга уже 6 утра.

Комментарии:

Определение местного времени наблюдения (с обоснованием) оценивается 3 баллами. Определение (или знание часового пояса Петербурга — 2 балла (в том случае, если используется UT+2 — 1 балл). Вычисление разницы времён — 1 балл, итоговый ответ — 2 балла.

А.В.Веселова

2. Шаровое звездное скопление ω Центавра — самое большое подобное скопление в Галактике, его радиус составляет 90 световых лет. В скоплении настолько много звезд, что среднее расстояние между соседними звездами составляет всего 1 световой год. Если считать, что все звезды похожи на Солнце, то сможет ли цепочка из этих звезд, размещенных вплотную друг к другу, дотянуться от Солнца до ближайшей к Солнцу звезды Галактики?

Решение:

Вычислим объем скопления V , считая его шаром радиуса R :

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 90^3 \approx 3 \times 10^6 \text{ св.лет}^3$$

Так как среднее расстояние между звездами составляет 1 св. год, значит, можно считать, что каждая звезда занимает объем в виде шарика с таким диаметром или кубика с такой стороной. Второй вариант проще с точки зрения вычислений, воспользуемся им и будем считать, что на одну звезду приходится объем $V_0 = 1 \text{ св.год}^3$.

Если поделить объем всего скопления на объем, приходящийся на одну звезду, то мы получим количество звезд N :

$$N = \frac{V}{V_0} = \frac{3 \times 10^6}{1} = 3 \times 10^6 \text{ звезд.}$$

Диаметр Солнца составляет примерно 1.5×10^6 км, значит, длина цепочки будет равна 4.5×10^{12} км = 0.15 пк = 0.45 св.лет. Это расстояние меньше, чем расстояние до Проксимы Центавра — ближайшей к Солнцу звезды (до нее 1.4 пк или 4.3 св. лет), значит, цепочка до нее не дотянется.

Комментарии:

3 балла выставлялись за вычисление объема скопления, еще 3 балла — за определение количества звезд (с учетом понимания смысла среднего расстояния и вычисления среднего объема в расчете на одну звезду), 2 балла — оценка расстояния. За каждую арифметическую ошибку снимался 1 балл.

В.В.Григорьев

3. 26 декабря Луна покрыла Юпитер. В тот же день состоялось кольцеобразное солнечное затмение. На утреннем или вечернем небе можно увидеть Юпитер сегодня? Оцените широты, на которых Юпитер в принципе не может быть виден сегодня.

Решение:

Так как 26 декабря было затмение, то Луна была в одной точке неба с Солнцем, а раз в тот же день произошло покрытие, то там же находился и Юпитер. 2 февраля Юпитер остался примерно на том же месте среди звезд (он движется по отношению к звездам в 12 раз медленнее Солнца), а Солнце за прошедшие 38 дней еще сместилось к востоку от Юпитера примерно на 30° (так как прошел примерно месяц, т.е. $1/12$ часть года; впрочем, для решения задачи это несущественно). Если Солнце восточнее, то оно встает и заходит немного позже Юпитера, следовательно Юпитер виден на утреннем небе.

Так как Юпитер сегодня находится примерно в той точке, в которой Солнце было 26 декабря, он находится вблизи точки зимнего солнцестояния на эклиптике. Таким образом, Юпитер не должен подниматься над горизонтом в тех местах, где Солнце не поднимается над горизонтом в день зимнего солнцестояния, а именно севернее примерно северного полярного круга, т.е. от примерно 67° до 90° с.ш.

Комментарии:

Задача делится на две части — нахождение времени наблюдения и области невидимости Юпитера.

Первые 4 балла: 1 — верно указана конфигурация, 1 — сделан расчёт скорости движения Юпитера (вывод, что он в 12 раз медленнее), 1 — смещение Солнца на восток, 1 — вывод, что Солнце встает и садится позже Юпитера, следовательно наблюдать надо утром.

Вторые 4 балла: 1 — Юпитер находится вблизи точки зимнего солнцестояния (ненамного отличается склонение), 1 — склонение Солнца в точке зимнего солнцестояния, 1 — вывод, что нужна область, где Солнце не восходит, и правильное применение формулы, 1 — точный ответ.

М.В.Костина

4. По данным одного из исследований масса пояса Койпера составляет около 1% от массы Земли. При моделировании динамики объектов Солнечной системы пояс Койпера для упрощения представили плоским очень тонким кольцом с внутренним радиусом 30 астрономических единиц (а.е.) и внешним радиусом 50 а.е. Сколько граммов приходится на каждый квадратный метр поверхности такого кольца?

Решение:

Иными словами, в условии задачи требуется оценить поверхностную плотность кольца. Определим сначала массу кольца в граммах. Масса Земли равна $6 \cdot 10^{24}$ кг или $6 \cdot 10^{27}$ г, тогда масса кольца равна $0.01 \cdot 6 \cdot 10^{27} = 6 \cdot 10^{25}$ г.

Площадь кольца определяем как разность площади круга с внешним радиусом и круга с внутренним радиусом:

$$S = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi(R_2^2 - R_1^2) \approx 3.14 \cdot (50^2 - 30^2) \cdot (1.5 \cdot 10^{11})^2 = 3.14 \cdot 1.6 \cdot 10^3 \cdot 2.25 \cdot 10^{22} = 1.1 \cdot 10^{26} \text{ м}^2.$$

Поверхностная плотность будет равна

$$\frac{6 \cdot 10^{25}}{1.1 \cdot 10^{26}} = 0.5 \text{ г/м}^2.$$

Комментарии:

2 баллами оценивалось определение массы пояса Койпера (1 — за массу Земли, 1 — за вычисление 1%). 4 балла — вычисление площади кольца (2 балла за формулу, 2 балла за вычисления), 2 балла — формула и оценка плотности (1 балл за формулу, 1 балл за вычисления). За каждую арифметическую ошибку снимался 1 балл.

А.В.Веселова

5. Можно ли в каком-нибудь одном пункте на территории России наблюдать звезды Альтаир и Альнаир? Известно, что в Санкт-Петербурге Альтаир опускается под горизонт не более, чем на 25° , а на экваторе максимальная высота над горизонтом звезды Альнаир равна 43° . Крайняя северная точка России имеет широту 82° с.ш., крайняя южная точка России имеет широту 41° с.ш.

Решение:

Оценим склонения звезд. По условию высота Альтаира в нижней кульминации для наблюдателя в Санкт-Петербурге не менее -25° :

$$-25^\circ \leq \varphi + \delta - 90^\circ = 60^\circ + \delta - 90^\circ = \delta - 30^\circ.$$

Отсюда $\delta \geq 30^\circ - 25^\circ = 5^\circ$. Таким образом, склонение Альтаира положительно (настоящее значение составляет почти 9°), то есть Альтаир лежит в северной части неба относительно небесного экватора и, следовательно, доступен для наблюдения во всем Северном полушарии Земли и, в частности, на всей территории России.

Максимальная высота над горизонтом соответствует верхней кульминации светила:

$$43^\circ = 90^\circ - |\varphi - \delta| = 90^\circ - |\delta|,$$

отсюда $|\delta| = 90^\circ - 43^\circ = 47^\circ$. Осталось определиться со знаком склонения. Если знать, что Альнаир — это α Журавля, ответ становится очевидным — склонение отрицательное. Но можно догадаться об этом же, если участник припомнит, доводилось ли ему видеть эту известную звезду (и если да — в какой местности). Для подавляющего большинства участников олимпиады вид Альнаира должен быть достаточно экзотическим (в некоторых местах проведения олимпиады он виден, но около горизонта), а это означает, что Альнаир — звезда южного неба. Поэтому $\delta = -47^\circ$.

Для того, чтобы звезда была доступна для наблюдения, необходима ее положительная высота над горизонтом хотя бы в верхней кульминации:

$$0^\circ \leq 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - \varphi - 47^\circ, \quad \varphi \leq 90^\circ - 47^\circ = 43^\circ.$$

Таким образом, Альнаир можно наблюдать только при широтах менее 43° , что соответствует наиболее южным областям России.

Комментарии:

2 балла выставляются за определение склонения Альтаира, 3 балла — за определение склонения Альнаира. Последние 3 балла — за анализ получившихся результатов и итоговый ответ (1 балл — границная широта для Альнаира, 1 балл — проверка того, что Альтаир виден везде в России, 1 балл — окончательный ответ).

А.В.Веселова