



Районный этап
Всероссийской олимпиады
по астрономии
Санкт-Петербург

2015
21
ноября

11 класс

1. 9 октября этого года на восходе можно было полюбоваться одновременно Венерой (она находилась в максимальной элонгации), Марсом, Юпитером и стареющим месяцем. Меркурий в этот момент находился в точке осеннего равноденствия. Определите угловое расстояние от Венеры до Меркурия. Возможно ли было наблюдать Меркурий? Считать, что орбиты планет лежат в плоскости эклиптики.

Решение (8 баллов):

Так как планеты и Солнце находятся в одной плоскости, значит, расстояние между ними можно считать как сумму (или разность) между их расстояниями до Солнца. 23 сентября было осеннее равноденствие (Солнце было в соответствующей точке), прошло 16 дней с этого момента. Это означает, что Солнце отдалилось на $(16 \cdot 365 / 360)^\circ \approx 16^\circ$ от того места, где 9 октября находился Меркурий. Теперь необходимо понять, с какой стороны находится Меркурий. Солнце в течение годичного движения по эклиптике смещается в сторону востока, значит, Меркурий западнее. В задаче указан восход, значит, Меркурий находится над горизонтом, а Солнце еще не сильно освещает небо, следовательно, он доступен для наблюдений. Венера также видна, следовательно, она находится на западе от Солнца, значит, угловые расстояния от Солнца нужно вычитать. Зная максимальную элонгацию Венеры (46° , что можно легко вычислить, зная большую полуось орбиты Венеры) и текущую элонгацию Меркурия (16° градусов), можно получить расстояние между ними: около 30° .

2. В середине прошлого года началось строительство Европейского Экстремально Большого Телескопа. Диаметр его главного зеркала составит почти 40 метров. Определите его теоретическую предельную разрешающую способность, принимая во внимание, что этот телескоп будет наблюдать в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах. Каково его основное преимущество перед существующими сейчас телескопами?

Решение (8 баллов):

Характерная длина волны оптического диапазона — 550 нм, но для облегчения расчетов можно принять ее за 800 нм, т.к. телескоп работает и в ближнем ИК диапазоне. Максимальная разрешающая способность определяется выражением $\varphi \approx \lambda/D$, где λ — рабочая длина волны, D — диаметр объектива телескопа, причем обе величины выражены в одинаковых единицах, а результат — в радианах. Подставляя данные в формулу и переводя результат в более удобные единицы, получаем результат — около $4 \cdot 10^{-3}$ угловых секунд. Однако достижение теоретической разрешающей способности на практике затруднительно из-за существования атмосферы Земли, намного важнее то, что диаметр главного зеркала этого телескопа будет в несколько раз больше, чем у существующих сейчас телескопов, что обеспечит намного большую проникающую способность (возможность наблюдать слабые объекты).

3. Можно ли в Петербурге наблюдать покрытие Полярной звезды Луной? Обоснуйте свой ответ.

Решение (8 баллов):

Эклиптика (плоскость орбиты Земли вокруг Солнца) наклонена к небесному экватору под углом $23^\circ.5$. Поскольку наклон лунной орбиты к плоскости эклиптики невелик (около 5°), то склонение Луны по модулю заведомо не может превышать $23^\circ.5 + 5^\circ < 30^\circ$. Следовательно, расстояние между Луной и Полярной звездой (склонение которой около $+90^\circ$) никогда не может оказаться меньше $\approx 60^\circ$, а отсюда следует, что такое покрытие наблюдать невозможно.

Заметим, что все эти рассуждения верны не только для Петербурга, но и для произвольной точки на Земле.

4. Светимость Сириуса А в 25 раз больше светимости Солнца, а эффективная температура — 10^4 К. Чему равен его радиус в километрах?

Решение (8 баллов):

Для шара со светимостью L , радиусом R и эффективной температурой T верно утверждение

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4,$$

где σ — постоянная Стефана-Больцмана. Запишем два соотношения для Сириуса А и для Солнца, после чего разделим их друг на друга:

$$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^4.$$

Отсюда

$$\frac{R}{R_\odot} = \sqrt{\frac{L}{L_\odot}} \left(\frac{T_\odot}{T}\right)^2.$$

Зная, что $T_\odot \approx 6 \cdot 10^3$ К, получаем

$$\frac{R}{R_\odot} = \sqrt{25} \left(\frac{6}{10}\right)^2 = 1.8.$$

Зная, что радиус Солнца $R_\odot = 7 \cdot 10^5$ км (если это значение неизвестно, его можно легко получить, зная расстояние от Земли до Солнца и угловой размер диска Солнца), получаем итоговый ответ — около 1.3 млн. км.

5. Две одинаковых звезды, расположенные на разных расстояниях от Земли, имеют звездные величины $9^m.3$ и $13^m.7$. Какая из этих звезд находится дальше от Земли? Во сколько раз расстояние до нее больше, чем расстояние до другой звезды?

Решение (8 баллов):

Звездная величина звезды m определяется как

$$m = -2.5 \lg E + \text{const},$$

где E — освещенность, создаваемая звездой и равная

$$E = \frac{L}{4\pi r^2},$$

где L — светимость звезды, r — расстояние до нее.

Звезды по условию одинаковы, поэтому их светимость L одинакова и отличаются только расстояния r_1 и r_2 . Заметим сразу же, что звезда с большей звездной величиной находится дальше. Затем вычислим

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \frac{E_1}{E_2} = -2.5 \lg \frac{r_2^2}{r_1^2} = 5 \lg \frac{r_1}{r_2}.$$

Отсюда

$$\frac{r_1}{r_2} = 10^{\frac{m_1 - m_2}{5}} = 10^{0.88} \approx 8$$

Итоговый ответ: вторая звезда находится дальше первой примерно в 8 раз.