



XXII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
заочный отборочный тур, решения

2014–2015

1 декабря
15 января

10 класс

1. Укажите область на Земле, где высота приливов в открытом океане может достигать максимальных значений.

Решение:

Приливы на Земле создаются Луной и Солнцем, причем усиливаются в том случае, если Солнце, Земля и Луна оказываются на одной прямой. Максимальная высота прилива в открытом океане достигается тогда, когда тело, создающее прилив, находится в зените или в надире. Следовательно, наибольшая высота прилива может достигаться в тех областях Земли, где и Луна, и Солнце одновременно могут находиться в зените или надире.

Известно, что Солнце может наблюдаться в зените только между северным и южным тропиками, т.е. от $23^{\circ}.5$ ю.ш. до $23^{\circ}.5$ с.ш. Поскольку орбита Луны наклонена к плоскости эклиптики, то область, в пределах которой Луна может оказаться в зените, больше, и, следовательно, приэкваториальный пояс Земли между тропиками является ответом задачи.

2. Планетарная туманность, находящаяся на расстоянии 2.3 тыс. св. лет, имеет радиус 0.23 пк. Чему равен ее угловой диаметр?

Решение:

Если R — радиус туманности, а r — расстояние до нее, то угловой диаметр, выраженный в радианах, составляет

$$\alpha = \frac{2R}{r}.$$

Подставляя данные (и учитывая, что $1 \text{ пк} = 3.26 \text{ св. года}$), получаем угловой диаметр $\alpha = 6.5 \cdot 10^{-4}$ радиана, т.е. около $2'$.

3. Как-то ночью любитель астрономии наблюдал, как геостационарный спутник прошел прямо через центр диска Луны. Сколько времени продолжалось это явление?

Решение:

Период геостационарного спутника по определению равен 24 часам. Следовательно, угловая скорость его движения по небу составляет $360^{\circ}/24 \text{ часа} = 15^{\circ}/\text{час}$. Угловой размер Луны примерно $0^{\circ}.5$, поэтому такое угловое расстояние спутник пройдет примерно за 2 минуты. Поскольку период обращения Луны вокруг Земли — месяц, ее угловая скорость примерно в 30 раз меньше угловой скорости спутника, поэтому смещением Луны на небе можно пренебречь.

4. В двойной системе, состоящей из красного гиганта и белого карлика, на белый карлик перетек водород с массой, равной 10^{-6} масс Солнца. Радиус белого карлика равен одной сотой радиуса Солнца, толщина слоя водорода на его поверхности — 100 м. Чему равна средняя плотность слоя водорода?

Решение:

Радиус Солнца составляет около $7 \cdot 10^5$ км, отсюда следует, что радиус белого карлика $R = 7 \cdot 10^3$ км. Поскольку толщина слоя водорода h на его поверхности много меньше радиуса, объем слоя можно вычислить как произведение площади поверхности карлика на толщину слоя, т.е. $V = 4\pi R^2 \cdot h \approx 6 \cdot 10^7$ км³.

Зная массу Солнца ($2 \cdot 10^{30}$ кг), можно вычислить массу вещества в слое, а затем и плотность. $\rho = M/V = 2 \cdot 10^{24} / (6 \cdot 10^7) = 3 \cdot 10^{16}$ кг/км³. Переводя результат в более привычные единицы, получаем $3 \cdot 10^7$ кг/м³. Результат кажется большим, но это нормально — при сравнительно малых размерах белого карлика его масса мало отличается от массы Солнца, поэтому и средняя плотность вещества белого карлика, и плотность поверхностных слоев оказываются очень большими.

5. Светимость звезды в 6 раз больше, чем у Солнца, а освещенность от нее при наблюдении с Земли составляет $6 \cdot 10^{-14}$ Вт/м². Чему равно расстояние до этой звезды?

Решение:

Поскольку светимость Солнца составляет примерно $4 \cdot 10^{26}$ Вт, то светимость звезды $L = 6 \cdot 4 \cdot 10^{26}$ Вт. Вся излученная звездой энергия равномерно распределяется по сфере площадью $S = 4\pi r^2$, где r — расстояние от звезды до Земли. Таким образом, освещенность от звезды на Земле будет равна

$$E = \frac{L}{S}.$$

Отсюда находим расстояние до звезды:

$$r = \sqrt{\frac{L}{4\pi E}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 4 \cdot 10^{26}}{4\pi \cdot 6 \cdot 10^{-14}}} \approx 6 \cdot 10^{19} \text{ м} = 2 \text{ кпк}.$$