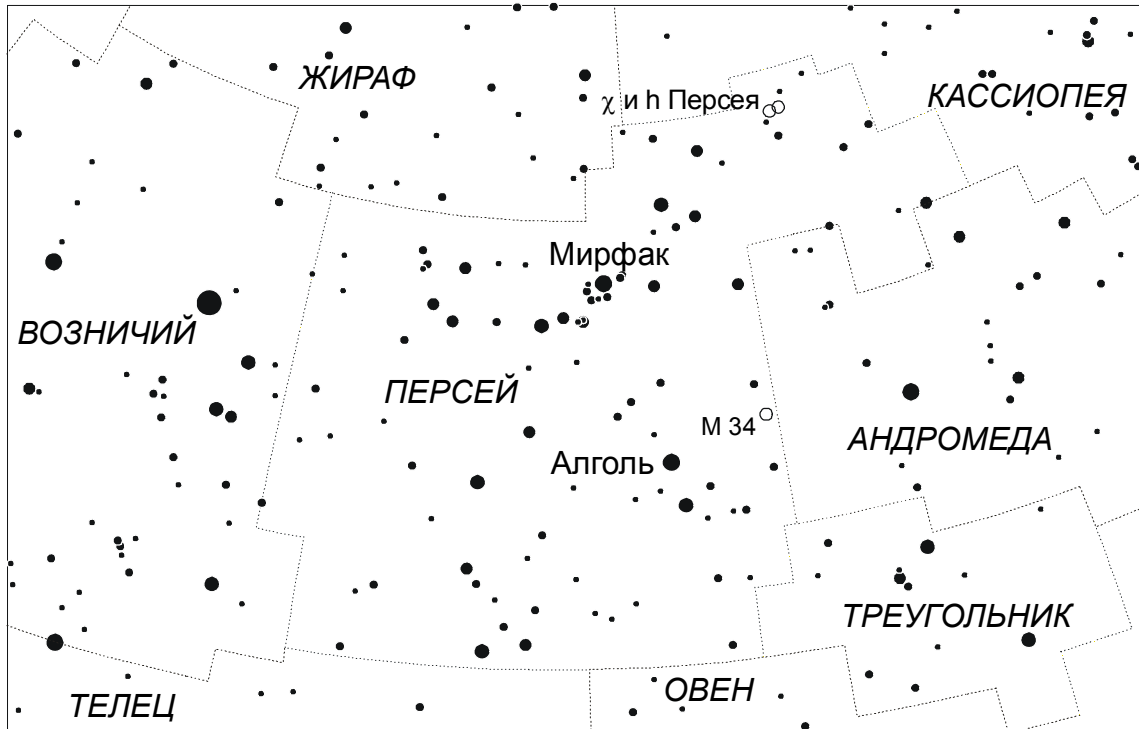


1. На рисунке показано созвездие Персея. Самая яркая звезда созвездия – Мирфак, а вторая по яркости звезда – Алголь – является самой известной затменной переменной звездой. Находясь в Млечном Пути, созвездие содержит множество рассеянных звездных скоплений. Самое яркое из них – двойное скопление χ и h Персея, выделяется также скопление М34. Объекты созвездия Персея и соседние созвездия подписаны на звездной карте. Большая часть созвездия Персея не заходит под горизонт в средней полосе России. Во время проведения олимпиады (январь-февраль) созвездие Персея хорошо видно в течение первой половины ночи, находясь очень высоко над горизонтом. После полуночи созвездие опускается ниже в северо-западную область неба.



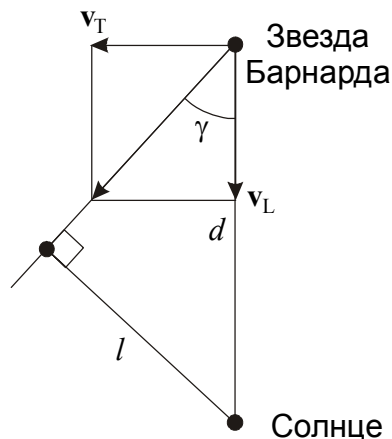
2. По данным условия задачи, расстояние до звезды Барнарда в настоящий момент составляет

$$d = 1 / \pi = 1.83 \text{ пк},$$

где π – параллакс звезды. Тангенциальная скорость равна

$$v_T = \alpha d = \alpha / \pi = 18.8 \text{ а.е./год} = 89.3 \text{ км/с}.$$

Здесь α – собственное движение звезды Барнарда.



Лучевая скорость звезды v_L равна -111 км/с. Знак минус указывает, что звезда Барнарда приближается к Солнцу, двигаясь под углом

$$\gamma = \operatorname{arctg} \left| \frac{v_T}{v_L} \right| = 38.8^\circ$$

относительно направления на Солнце. Минимальное расстояние между Солнцем и звездой Барнарда составит

$$l = d \sin \gamma = 1.15 \text{ пк.}$$

Время, оставшееся до максимального сближения звезды Барнарда и Солнца, равно

$$\Delta t = \frac{d \cos \gamma}{\sqrt{v_L^2 + v_T^2}},$$

что составляет примерно 9800 лет. Нам остается определить звездную величину звезды Барнарда m в это время. Обозначим ее звездную величину в настоящее время как m_0 . Тогда искомая звездная величина составит

$$m = m_0 + 5 \lg \frac{l}{d} = m_0 + 5 \lg \sin \gamma = 8.51.$$

3. Так как зеркало находится прямо над наблюдателем, а солнечные лучи падают (и отражаются) под углом $\gamma=50^\circ$ к плоскости зеркала, нетрудно установить, что в точке наблюдения на Земле Солнце находится на глубине 10° под горизонтом, то есть уже темно, но спутник находится вне тени Земли и освещается Солнцем. Зеркало «Прогресса М-15» будем считать квадратным со стороной L . Количество энергии, падающее за единицу времени на поверхность этого зеркала, равно

$$E = J_0 L^2 \sin \gamma.$$

Эта энергия отражается зеркалом и попадает на поверхность Земли. Так как Солнце не является точечным объектом, а имеет угловой радиус ρ , световое пятно на Земле будет иметь размер, много больший размера зеркала. Площадь этого пятна будет равна

$$S = \pi (H \cdot \rho)^2,$$

где H – высота аппарата «Прогресс М-15», а угловой радиус Солнца выражается в радианах. Количество энергии, падающее на единицу площади Земли внутри светового пятна, составит

$$J = \frac{E}{S} = J_0 \frac{L^2 \sin \gamma}{\pi H^2 \rho^2}.$$

Чтобы выразить эту величину в лунеттах, нужно разделить ее на количество энергии, падающее на единицу площади поверхности Земли от полной Луны в зените J_L :

$$\frac{J}{J_L} = \frac{J_0}{J_L} \cdot \frac{L^2 \sin \gamma}{\pi H^2 \rho^2} = 10^{-0.4(M-m)} \cdot \frac{L^2 \sin \gamma}{\pi H^2 \rho^2}.$$

Здесь M и m – звездные величины Солнца и Луны. Подставляя численные значения, получаем 16 лунетт.

4. Промежуток времени между двумя последовательными весенними равноденствиями, называемый тропическим годом, составляет 365.24219 средних солнечных суток или примерно 365 суток 5 часов и 49 минут. Календарный год состоит из 365 или 366 суток. Поэтому в разные годы момент весеннего равноденствия может попадать как на 21, так и на

20 марта. К примеру, в 2003 году весеннее равноденствие наступило 21 марта ровно в 1 час по Всемирному времени, а в 2004 году оно произошло 20 марта в 6 часов 49 минут по Всемирному времени.

От 20 марта 2004 года до 20 марта 2081 года пройдет 77 лет, и в этот промежуток попадет 19 дней 29 февраля (через 4 года от 2008 до 2080 годов). Общее количество дней, которые будет содержать этот отрезок, равно

$$N = 365 \cdot 77 + 19 = 28124.$$

Умножая продолжительность тропического года на 77, получаем продолжительность 77 тропических лет в сутках:

$$T_{77} = 365.24219 \cdot 77 = 28123.64863.$$

Эта величина на 8 часов и 26 минут короче, чем N суток. 77 тропических лет завершатся быстрее, и весеннее равноденствие в 2081 году придется на 8 часов 26 минут раньше, чем в 2004 году, то есть на 22 часа 23 минуты по Всемирному времени 19 марта.

5. Обозначим большую полуось орбиты спутника через a , а ее эксцентриситет через e . Скорость спутника в точке перигея составляет

$$v_P = \sqrt{\frac{GM}{a} \cdot \frac{1+e}{1-e}}.$$

Здесь M – масса Земли. В то же время эта скорость равна второй космической скорости на апогейном расстоянии спутника, равном $a(1+e)$:

$$v_P = \sqrt{\frac{2GM}{a(1+e)}}.$$

Из данных формул мы получаем уравнение

$$\frac{1+e}{1-e} = \frac{2}{1+e},$$

которое можно переписать в виде

$$e^2 + 4e - 1 = 0.$$

Уравнение имеет два решения:

$$e = -2 \pm \sqrt{5}.$$

Физический смысл имеет только решение со знаком «+». Эксцентриситет орбиты спутника равен 0.236.

6. По закону Стефана-Больцмана светимость звезды составляет

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

где σ – постоянная Стефана-Больцмана, R и T – радиус и температура поверхности звезды. Как известно, красные и голубые сверхгиганты имеют практически одинаковую светимость L . Это отражается на диаграмме Герцшпрунга-Рассела, на которой ветвь сверхгигантов имеет горизонтальный вид. В то же время голубые сверхгиганты значительно горячее красных. Следовательно, чтобы обеспечить такую же светимость, красные сверхгиганты должны быть существенно больше голубых сверхгигантов.