



XXVII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
отборочный тур, решения

2020
до 16
января

10 класс

1. Карликовая сфероидальная галактика Лев V имеет видимую звездную величину 16^m и находится на расстоянии 570 тыс. световых лет от Солнца. Во сколько раз светимость данной галактики превышает солнечную?

Решение (8 баллов):

Выразим расстояние D до галактики в килопарсеках. В одном парсеке примерно 3.26 световых лет, тогда $D = 570/3.26 = 175$ кпк. Связь видимой звездной величины m , абсолютной звездной величины M и расстояния до объекта d задается выражением $m = M - 5 + 5 \lg r$, отсюда $M = 16 + 5 - 5 \lg(1.75 \cdot 10^5) = 21 - 5 \cdot (\lg 1.75 + 5)$; $\lg 1.75 = \ln 1.75 / \ln 10 \approx 0.5/2.3 \approx 0.2$, тогда $M = 21 - 1 - 25 = -5$. Запишем формулу Погсона для абсолютных звездных величин в применении к данной галактике и к Солнцу: $M_{\odot} - M = 2.5 \lg(L/L_{\odot})$. Абсолютная звездная величина Солнца равна $+4.8$, тогда отношение светимости галактики к светимости Солнца равно $10^{(4.8+5)/2.5} = 10^{3.9} \approx 10^4$.

Комментарии:

Баллы снижались за избыточную точность, причем чем больше знаков после запятой писал участник, тем меньший балл он получал.

2. Компоненты двойной звезды вращаются друг вокруг друга по круговым орбитам, расположенным перпендикулярно лучу зрения. Угловое расстояние между компонентами составляет $0''.1$, расстояние до системы — 10 парсек. Известно, что соотношение масс компонент равно 1:3. Найдите линейные радиусы орбит компонент вокруг их общего центра масс.

Решение (8 баллов):

Из определения парсека следует, что 1 астрономическая единица видна с расстояния 1 пк под углом $1''$. Тогда линейный размер системы будет $0.1'' \cdot 10 \text{ пк} = 1 \text{ а.е.}$ Далее воспользуемся соотношением для центра масс: $M_1 \cdot a_1 = M_2 \cdot a_2$, где a_i — расстояния до центра масс, M_i — массы компонент. Отсюда следует, что соотношение барицентрических расстояний равно соотношению масс 1:3. Тогда барицентрическое расстояние для более массивной звезды равно 0.25 а.е., менее массивной — 0.75 а.е.

Комментарии:

Задача для участников оказалась достаточно простой. Формально за ответы $1/4$ и $3/4$ а.е. надо снижать баллы, но это прощалось.

3. В некоторый момент звезда со склонением 30° находилась в кульминации для наблюдателя в Санкт-Петербурге. В тот же момент вторая звезда оказалась также в кульминации, причем сумма высот звезд составила 125° . Определите склонение второй звезды.

Решение (8 баллов):

Посмотрим, в какой кульминации — верхней или нижней — находилась первая звезда. Высота в нижней кульминации составляет

$$\varphi + \delta - 90^\circ = 0^\circ.$$

В данном случае мы пренебрегаем рефракцией. Таким образом, высота второй звезды должна быть равной 125° , но по определению, высота не может превосходить по модулю 90° . Таким образом, первая звезда находится в верхней кульминации. В таком случае ее высота равна

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

Отсюда высота второй звезды равна 65° . Такую высоту звезда может иметь только в верхней кульминации: высота нижней кульминации не превосходит высоту полюса мира над горизонтом, равную широте места наблюдения. Значит, вторая звезда также находится в верхней кульминации. При этом она может кульминировать как к югу, так и к северу от зенита. Пусть кульминация происходит к югу от зенита. Тогда

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta \Rightarrow \delta = 35^\circ.$$

Если кульминация происходит к северу от зенита, то высота определяется как

$$h = 90^\circ - \delta + \varphi \Rightarrow \delta = 85^\circ.$$

Комментарии:

Если участник не рассматривал нижнюю кульминацию в принципе, то больше 4 баллов за решение не ставилось. Рассмотрение только одного случая верхней кульминации оценивалось двумя баллами.

4. Диаметр зеркала космического телескопа им. Джеймса Уэбба составляет 6.5 метров. Он будет наблюдать на длине волны 13 мкм. Сможет ли телескоп разрешить двойную систему, компоненты которой находятся на угловом расстоянии $0''.6$ друг от друга?

Решение (8 баллов):

Дифракционный предел телескопа вычисляется на основании данных в условии диаметра зеркала D и рабочей длины волны λ :

$$\varphi = \frac{\lambda}{D} = \frac{13 \times 10^{-6}}{6.5} \times 206265'' = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 = 4 \times 10^{-1} = 0''.4.$$

Так как дифракционный предел телескопа получился меньше, чем расстояние между компонентами двойной системы, значит, телескоп сможет разрешить систему.

Комментарии:

Задача для участников оказалась достаточно простой, крайне редко случались вычислительные ошибки, связанные с путаницей радиан и угловых секунд.

5. Звезда, находящаяся на расстоянии 100 пк от Солнца, обладает собственным движением $0.1''/\text{год}$ и лучевой скоростью -20 км/с. С какой пространственной скоростью звезда движется относительно Солнца? Приближается она к Солнцу или отдаляется от него?

Решение (8 баллов):

Отрицательное значение лучевой скорости означает, что объект приближается к Солнцу. Если разложить полную скорость на перпендикулярные компоненты — лучевую v_r и тангенциальную v_τ скорость — то полная скорость будет равна $v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2}$. Лучевая скорость дана в условиях, тангенциальная скорость определяется по данным о расстоянии r до объекта и о его собственном движении μ :

$$v_\tau = 4.74r\mu = 4.74 \cdot 100 \cdot 0.1 = 47.4 \text{ км/с.}$$

Тогда полная скорость объекта

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2} = \sqrt{20^2 + 47.4^2} \approx 51 \text{ км/с.}$$

Комментарии:

Задача для участников оказалась достаточно простой, крайне редко случались вычислительные ошибки.