

10 класс

Задача 1

22 июня в солнечный полдень наблюдатель, стоящий вертикально на ровной поверхности, обнаружил, что его тень имеет длину, равную его росту. На какой широте располагался наблюдатель?

Решение:

Равенство высоты вертикального предмета и длины его тени на горизонтальной поверхности означает, что высота Солнца h составляет 45° . Так как картина наблюдается в солнечный полдень, Солнце располагается в верхней кульминации. Его высота в это время равна

$h = 90^\circ - \varphi + \delta$, если Солнце располагается к югу от зенита ($\varphi > \delta$),

$h = 90^\circ - \delta + \varphi$, если Солнце располагается к северу от зенита ($\varphi < \delta$).

Данные соотношения можно написать в виде одной формулы:

$$h = 90^\circ - |\varphi - \delta|$$

22 июня (в летнее солнцестояние) склонение Солнца δ положительно и равно углу наклона экватора к эклиптике ε (23.4°). Из предыдущих формул получаем выражение для широты места:

$$\varphi = \varepsilon \pm (90^\circ - h).$$

Указанная картина могла наблюдаться на широтах -21.6° и $+68.4^\circ$.

Критерии оценивания:

Записана формула для высоты Солнца в верхней кульминации	4 балла
Определена широта местности	3 балла
Указано, что есть 2 решения	1 балл
Итого	8 баллов

Задача 2

Звездная величина Веги 0,14. Во сколько раз эта звезда ярче Солнца, если расстояние до нее 8,1 парсек?

Решение:

Для решения применим формулу, которая связывает видимую звездную величину m с абсолютной звездной величиной M

$$M = m + 5 - 5 \lg D,$$

где D - расстояние от звезды до Земли в парсеках, $D = 8,1$ пк;

m - звездная величина, $m = 0,14^m$

M - звездная величина, которую наблюдали бы с расстояния данной звезды со стандартного расстояния 10 парсек.

$$M = 0,14 + 5 - 5 \lg 8,1 = 0,14 + 5 - 5 \cdot 0,9 = 0,6$$

Абсолютная звездная величина связана со светимостью L формулой

$$\lg L = 0,4 (5 - M); \lg L = 0,4 (5 - 0,6) = 1,76; L = 58$$

Ответ: в 58 раз ярче Солнца

Критерии оценивания:

Записана формула, которая связывает m и M	4 балла
Установлена связь светимости L и M	2 балла
Дан итоговый ответ	2 балла
Итого	8 баллов

Задача 3

Во сколько раз диаметр звезды Арктур (α Волопаса) больше Солнца, если светимость Арктура в 100 раз больше светимости Солнца, а температура 4500 К?

Решение:

Из закона Стефана – Больцмана $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ получаем формулу

$$D_A = \sqrt{L} \frac{T_A^2}{T_C^2},$$

где D_A – диаметр Арктура по отношению к Солнцу;

$L = 100$ – светимость Арктура;

$T_A = 4500$ К – температура Арктура;

$T_C = 6000$ К – температура Солнца

Ответ: $D_A = 5,6$ диаметров Солнца

Критерии оценивания:

Записан закон Стефана-Больцмана	4 балла
Получена формула для диаметра Арктура	2 балла
Дан итоговый ответ	2 балла
Итого	8 баллов

Задача 4

Можно ли наблюдать Луну за сутки до солнечного затмения? А за сутки до лунного? Ответ обосновать.

Решение:

Затмения бывают тогда, когда Солнце, Земля и Луна находятся на одной прямой. Перед солнечным затмением Луна не успеет дойти до линии Земля - Солнце. Но при этом за сутки будет вблизи неё. Эта фаза соответствует

новолунию, когда луна обращена к земле тёмной стороной, и к тому же теряется в лучах Солнца - поэтому не видна.

За сутки перед лунным затмением Луна не успевает дойти до линии Солнце - Земля. В это время она находится в фазе полнолуния, и поэтому видна.

Критерии оценивания:

Рассмотрен правильно случай солнечного затмения	4 балла
Рассмотрен правильно случай лунного затмения	4 балла
Итого	8 баллов

Задача 5

Звездолет будущего, имея скорость 20 км/с, пролетает на расстоянии 1 пк от спектрально-двойной звезды, у которой период колебаний спектра равен суткам, а большая полуось орбиты составляет 2 астрономические единицы. Сможет ли звездолет вырваться из поля тяготения звезды? Массу Солнца принять за $2 \cdot 10^{30}$ кг.

Решение:

Найдём сумму масс спектрально-двойных звёзд по третьему закону Кеплера

$$m_1 + m_2 = \frac{a^3}{T^2} \cdot m_0 = 1,46 \cdot 10^{33} \text{ кг}$$

Скорость убегания рассчитаем по формуле второй космической скорости (поскольку расстояние между компонентами спектрально- двойной звезды - 2 а.е. много меньше 1пк)

$$v = \sqrt{2G \frac{M}{R}} = 2547,966 \text{ м / с} = 2,5 \text{ км / ч}$$

Ответ: 2,5 км/ч, скорость звездолета больше, поэтому улетит.

Критерии оценивания:

Записан 3 закон Кеплера и найдена сумма масс звезд	4 балла
Записана формула для II космической скорости	2 балла
Дан итоговый ответ	2 балла
Итого	8 баллов