

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО  
АСТРОНОМИИ**

**МУНИЦИПАЛЬНАЯ (РЕГИОНАЛЬНАЯ) ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ  
КОМИССИЯ**

---

**КРИТЕРИИ И МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ  
ВЫПОЛНЕННЫХ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ  
МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА  
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО  
АСТРОНОМИИ**

**2022/2023 учебный год**

**11 КЛАСС**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы 11 класс определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 48 баллов.

### ЗАДАНИЕ 1.

Условие.

Экваториальные координаты звезды Арктур  $\alpha = 14^{\text{h}}15^{\text{m}}40^{\text{s}}$ ,  $\delta = +19^{\circ}10'57''$ , экваториальные координаты Спика  $\alpha = 13^{\text{h}}25^{\text{m}}12^{\text{s}}$ ,  $\delta = -11^{\circ}09'41''$ . В одну весеннюю ночь, в Ставрополе, верхняя кульминация Арктура произошла в 0 часов звездного времени. В какое звездное время кульминировала Спика?

Решение.

Поскольку у Спика прямое восхождение меньше, чем у Арктура, она кульминировала раньше, разность звездного времени верхней кульминации звезд равна разности их прямых восхождений.

$$\alpha(\text{Арктур}) - \alpha(\text{Спики}) = 14^{\text{h}}15^{\text{m}}40^{\text{s}} - 13^{\text{h}}25^{\text{m}}12^{\text{s}} = 14.26^{\text{h}} - 13.42^{\text{h}} = 0.84^{\text{h}}$$

$$s(\text{Спики}) = 0^{\text{h}} - 0.84^{\text{h}} = 23.16^{\text{h}} = 23^{\text{h}}10^{\text{m}}$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. Если указана только правильная связь звездного времени кульминации с прямым восхождением – 2 балла. За ошибку только в вычислениях снять 2 балла.

### ЗАДАНИЕ 2.

Условие.

У звезды Спика радиус  $5.6 \cdot 10^6$  км, эффективная температура 25000 К. Сравните светимость Спика со светимостью Солнца.

Решение.

Радиус Спика выразим в солнечных радиусах,

$$R = 5.6 \cdot 10^6 / 6.96 \cdot 10^5 = 8 R_{\odot}$$

Выразим светимость звезды в светимостях Солнца

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{R}{R_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^4 = (8)^2 \left(\frac{25000}{5770}\right)^4 = 2.3 \cdot 10^4$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильное выражение радиуса в радиусах Солнца – 2 балла. За правильную формулу для светимости – 4 балла. Можно не выражать радиус отдельно в солнечных единицах, решить всю задачу одной формулой.

### ЗАДАНИЕ 3.

Условие.

В спектре звезды Каптейна измерен сдвиг линии  $H_{\delta}$  на 3.35 ангстрем в синюю сторону. Лабораторная длина волны центра линии  $H_{\delta}$  4101 ангстрем. Годичный параллакс звезды Каптейна 0.254". Каким будет расстояние до звезды через 1000 лет?

Решение.

Сдвиг спектральной линии в синюю сторону означает, что звезда приближается к наблюдателю. По формуле Доплера можно вычислить лучевую скорость звезды

$$\Delta\lambda/\lambda_0 = V/c \Rightarrow \\ V = c \cdot \Delta\lambda/\lambda_0 = 300000 \cdot 3.35/4101 = 245 \text{ км/с}$$

Через 1000 лет звезда станет ближе к Солнцу на

$$\Delta r = 245 \cdot 3.15 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 772 \cdot 10^{10} \text{ км} \approx 0.25 \text{ пк.}$$

По годичному параллаксу можно определить расстояние до звезды,

$$r = 1/\pi = 3.94 \text{ пк}$$

Через 1000 лет расстояние до звезды Каптейна будет  $3.94 - 0.25 = 3.69 \text{ пк.}$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильное вычисление скорости – 2 балла. За правильное вычисление измерения расстояния – 2 балла. За правильное вычисление измерения расстояния – 2 балла.

### ЗАДАНИЕ 4.

Условие.

Для земного наблюдателя видимая звездная величина Юпитера в западной квадратуре была  $-2.0^m$ . Какова была его видимая звездная величина в этой

конфигурации для наблюдателя на Марсе? Орбиты считать круговыми и находящимися в одной плоскости.

Решение.

Обозначим  $a_{Ю}$  - расстояние Юпитера от Солнца,

$a_M$  – расстояние Марса от Солнца, расстояния постоянные при круговых орбитах.

Воспользуемся формулой Погсона

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg(E_1/E_2)$$

Учтем, что, при неизменной светимости, освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния, тогда

$$m_1 - m_2 = 5 \lg(r_1/r_2)$$

Если  $m_1$  - видимая звездная величина Юпитера для наблюдателя с Земли, то в квадратуре

$$r_1 = \sqrt{a_{Ю}^2 - 1} = \sqrt{5.2^2 - 1} = 5.10 \text{ а. е.}$$

$m_2$  - видимая звездная величина Юпитера для наблюдателя с Марса, и

$$r_2 = \sqrt{a_{Ю}^2 - a_M^2} = \sqrt{5.2^2 - 1.5^2} = 4.97 \text{ а. е.}$$

$$m_2 = m_1 - 5 \lg(r_1/r_2) = -2.0 - 5 \lg(5.10/4.97) = -2.0 - 0.06 = -2.06$$

Для наблюдателя с Марса Юпитер в квадратуре ярче, чем для наблюдателя с Земли.

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильную формулу Погсона – 2 балла. За правильную связь освещенности с расстоянием – 2 балла. За правильное определение расстояний – по 2 балла.

## ЗАДАНИЕ 5.

Условие.

Эксцентриситет эллиптической орбиты планеты у звезды CoRoT-20 равен 0,56. Во сколько раз большая полуось орбиты планеты CoRoT-20 больше его малой полуоси?

Решение.

Эксцентриситет связан с полуосями эллипса выражением

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

Найдем отсюда отношение полуосей

$$\left(\frac{b}{a}\right)^2 = 1 - e^2,$$

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{\sqrt{1-e^2}} = \frac{1}{0.83} = 1.21$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибку только в вычислениях снять 2 балла. За правильную формулу для эксцентриситета – 2 балла.

## ЗАДАНИЕ 6.

Условие.

У звезды  $\sigma$  Per обнаружена планета, которая движется вокруг звезды с орбитальным периодом 580 дней по эллиптической орбите с эксцентриситетом 0.3 и приближается к звезде на минимальное расстояние 1.26 а.е. Оцените массу звезды.

Решение.

По известным орбитальным характеристикам найдем большую полуось орбиты планеты

$$q = a(1 - e),$$

отсюда  $a = q/(1 - e) = 1.26/(1 - 0.3) = 1.8$  а.е.

Планета движется по орбите в соответствии с законами Кеплера, ее масса намного меньше массы звезды, поэтому можно определить массу звезды по 3 закону Кеплера

$$M \approx a^3/P^2$$

В этой формуле период должен быть в земных годах,  $P = 580/365.256 = 1.59$  лет

$$M = 1.8^3/1.59^2 \approx 2.3 \text{ масс Солнца.}$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильное вычисление большой полуоси орбиты планеты – 2 балла. За правильное применение 3 закона Кеплера – 4 балла.