

**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**

**10 КЛАСС**

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы 10 класс определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 48 баллов.

### ЗАДАНИЕ 1.

Экваториальные координаты звезды Арктур  $\alpha = 14^h 16^m$ ,  $\delta = +19^\circ 11'$ , экваториальные координаты Спика  $\alpha = 13^h 25^m$ ,  $\delta = -11^\circ 10'$ . 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 кульминации звезд равна разности их прямых восхождений.

$$\alpha(\text{Арктур}) - \alpha(\text{Спики}) = 14^h 16^m - 13^h 25^m = 14.27^h - 13.42^h = 0.85^h$$

$$s(\text{Спики}) = 0^h - 0.85^h = 23.15^h = 23^h 09^m$$

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.

Подлетев к Марсу, космонавты вывели космический корабль на круговую орбиту в плоскости экватора Марса, на которой угловая скорость корабля равнялась угловой скорости вращения Марса. Найдите радиус этой орбиты, зная массу Марса,  $M = 6.4 \cdot 10^{23}$  кг, и период его осевого вращения,  $P = 24.62$  часа.

Решение.

Для движения по круговой орбите характерно равенство гравитационной и центробежной сил

$$\frac{mV^2}{r} = \gamma \frac{mM}{r^2} \Rightarrow$$
$$r = \gamma M / V^2 -$$

радиус этой орбиты определяется скоростью движения по орбите и массой планеты. Линейную скорость выразим через угловую,

$$V = r \cdot \omega$$

и получим формулу для радиуса стационарной орбиты,

$$r = \left( \gamma \frac{M}{\omega^2} \right)^{1/3}$$

Здесь  $\omega$  - угловая скорость вращения Марса, вычислим ее,

$$\omega = 2\pi/P = 6.28/(24.62 \cdot 3600) = 7.09 \cdot 10^{-5} \text{ 1/с.}$$

По предыдущей формуле вычислим радиус стационарной орбиты, получим 20400 км.

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильную формулу для радиуса круговой орбиты – 4 балла. За правильный переход к угловой скорости – 2 балла. За правильное вычисление угловой скорости Земли – 2 балла.

### ЗАДАНИЕ 3.

Условие.

Абсолютная звездная величина Сириуса  $1.45^m$ , расстояние до него 2.63 пк.

Абсолютная звездная величина Проциона  $2.66^m$ , расстояние до него 3.49 пк.

Сравните эти звезды по яркости.

Решение.

Найдем видимые звездные величины обеих звезд

$$m_S = M_S - 5 + 5 \lg r_S = 1.45 - 5 + 5 \lg 2.63 = -1.45$$

$$m_P = M_P - 5 + 5 \lg r_P = 2.66 - 5 + 5 \lg 3.49 = 0.37$$

Из формулы Погсона найдем отношения яркостей звезд

$$m_S - m_P = -2.5 \lg(E_S/E_P)$$

$$\text{отсюда } \lg(E_S/E_P) = 0.4(m_P - m_S) = 0.728,$$

$$E_S/E_P = 5.3$$

Сириус в 5.3 раза ярче Проциона.

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильное вычисление видимой звездной величины каждой звезды по 2 балла. За правильную формулу Погсона – 2 балла.

### ЗАДАНИЕ 4.

Условие.

У звезды Каптейна годичный параллакс  $0.254''$  и лучевая скорость 245 км/с.

Каким будет расстояние до звезды через 1000 лет?

Решение.

По годичному параллаксу можно определить расстояние до звезды,

$$r = 1/\pi = 3.94 \text{ пк}$$

Лучевая скорость положительна, значит звезда приближается к нам, 1000 лет содержат  $3.15 \cdot 10^7 \cdot 10^3 = 3.15 \cdot 10^{10}$  с, значит звезда приблизится к нам на

$$245 \text{ км/с} \cdot 3.15 \cdot 10^{10} \text{ с} = 7.72 \cdot 10^{12} \text{ км} = 0.25 \text{ пк.}$$

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

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильное вычисление расстояния – 2 балла. За правильное вычисление измерения расстояния – 4 балла. Чисто технически задачу можно решать по-другому: выразить скорость в км/год, или найти изменение расстояния сначала в километрах, но окончательно расстояние до звезды должно быть выражено в парсеках.

## ЗАДАНИЕ 5.

Условие.

У землеподобной экзопланеты TRAPPIST e определены масса,  $M = 0.0024$  массы Юпитера и радиус,  $R = 0.081$  радиусов Юпитера. Сравните среднюю по объему плотность вещества этой планеты с плотностью Земли.

Решение.

Плотность вещества вычисляется по формуле

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$$

Выразим массу и радиус экзопланеты в земных единицах,

$$M = 0.0024 \cdot 1.9 \cdot 10^{30} / 6 \cdot 10^{27} = 0.76 \text{ масс Земли}$$

$$R = 0.081 \cdot 70000 / 6400 = 0.89 \text{ радиусов Земли.}$$

Найдем отношение плотности экзопланеты к плотности Земли

$$\frac{\rho}{\rho_3} = \frac{M}{M_3} \left( \frac{R_3}{R} \right)^3 \approx 0.76 \left( \frac{1}{0.89} \right)^3 \approx 1.08$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильную формулу для плотности – 2 балла. За правильную вычисление массы и радиуса в земных единицах по 2 балла.

Можно решать задачу и по-другому, переведя массу и радиус в систему СИ и вычислив отдельно плотность экзопланеты и Земли.

#### ЗАДАНИЕ 6.

Условие.

Орбитальное движение Плутона находится в резонансе с орбитальным движением Нептуна, то есть, отношение их сидерических периодов равно  $3/2$ . Большая полуось орбиты Нептуна 30.07 а.е. Какова большая полуось орбиты Плутона?

Решение.

Большие полуоси и орбитальные периоды планет и астероидов связаны 3 законом Кеплера,

$$\frac{A_{\Pi}^3}{P_{\Pi}^2} = \frac{A_{\text{Н}}^3}{P_{\text{Н}}^2}$$

Отсюда 
$$A_{\Pi} = A_{\text{Н}} \left( \frac{P_{\Pi}}{P_{\text{Н}}} \right)^{2/3} = 30.07 \left( \frac{3}{2} \right)^{2/3} \approx 39.4 \text{ а. е.}$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла. За правильное применение 3 закона Кеплера – 2 балла.