

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

9 класс

По теоретическому туру максимальная оценка результатов участника возрастной группы 9 класс определяется арифметической суммой всех баллов, полученных за выполнение заданий и не должна превышать 48 баллов.

ЗАДАНИЕ 1.

Условие.

На сколько различаются линейные скорости движения Ставрополя и Петербурга, вызванные вращением Земли вокруг своей оси? Географическая широта Ставрополя, $\phi_C = 45^\circ$, Петербурга, $\phi_\Pi = 60^\circ$.

Решение.

За счет вращения Земли Ставрополь и Петербург за сутки проходят путь, равный длине окружности, которая разная из-за разного радиуса,

$$S_C - S_\Pi = 2\pi R \cdot \cos \phi_C - 2\pi R \cdot \cos \phi_\Pi = 2\pi R (\cos \phi_C - \cos \phi_\Pi) = \\ 6.28 \cdot 6378 (0.71 - 0.5) = 8411 \text{ км},$$

здесь R – экваториальный радиус Земли.

Линейная скорость Ставрополя больше, чем Петербурга,

$$V_C - V_\Pi = 8411 / (24 \cdot 3600) \approx 0.10 \text{ км/с}.$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За правильную формулу для разности длины пути – 4 балла. За правильную формулу для разности линейной скорости – 2 балла. За ошибку только в вычислениях снять 2 балла. Можно решать немного по-другому, вычислить сначала обе скорости, потом их вычитать.

ЗАДАНИЕ 2.

Условие.

Сферически симметричное межзвездное газовое облако состоит из молекулярного водорода, H_2 , радиус облака 10 пк и масса $2 \cdot 10^{34}$ кг. Какова концентрация молекул в облаке?

Решение.

Масса облака равна произведению числа частиц на массу одной частицы, m . Число частиц равно произведению концентрации частиц, n , на занимаемый ими объем, V . Для сферически симметричного облака

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

Масса молекулы водорода, m , равна двум массам атома водорода, получаем

$$M = nVm = n \frac{4}{3}\pi R^3 \times 2m_H,$$

отсюда, концентрация молекул,

$$n = 3M/(8\pi m_H R^3) = 3 \cdot 2 \cdot 10^{34} / (8 \cdot 3.14 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \cdot (10 \cdot 3.1 \cdot 10^{16})^3) \approx 5 \cdot 10^7 \text{ м}^{-3}$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибку только в вычислениях снять 2 балла. За правильную формулу для объема облака – 2 балла. За правильную формулу для массы облака – 2 балла, за правильную формулу для концентрации частиц – 2 балла.

ЗАДАНИЕ 3.

Условие.

У звезды гиганта Денеб измерен годичный параллакс, $0.0023''$, и угловой диаметр, $0.002''$. Во сколько раз радиус Денеба больше радиуса Солнца?

Решение.

Если α – угловой диаметр, D – линейный диаметр, r – расстояние, то

$$\text{tg}\alpha = D/r,$$

или для малых углов

$$\alpha''/206265'' = D/r$$

откуда

$$D = \alpha \cdot r / 206265$$

Расстояние, $r = 1/\pi \approx 435 \text{ пк} \approx 1.3 \cdot 10^{16} \text{ км}$

$$D = \alpha \cdot r / 206265 = 0.002 \cdot 1.3 \cdot 10^{16} / 206265 \approx 1.26 \cdot 10^8 \text{ км}$$

Радиус звезды, $R = D/2 = 6.3 \cdot 10^7 \text{ км} \approx 90$ радиусов Солнца.

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибку только в вычислениях снять 2 балла. За правильное вычисление расстояния до звезды – 2 балла. Задача может быть решена через синус углового диаметра, или через угловой радиус. За правильную формулу для тангенса, или синуса углового диаметра – 2 балла. За правильный переход к малым углам – еще 2 балла.

ЗАДАНИЕ 4.

Условие.

Искусственный спутник Земли движется со скоростью 6,9 км/с относительно центра Земли по круговой орбите в плоскости экватора в направлении вращения Земли. Какова высота орбиты над поверхностью Земли?

Решение.

Радиус орбиты, по которой движется спутник, найдем, приравняв центробежную и гравитационную силы

$$m \frac{v^2}{R} = G \frac{mM}{R^2} \Rightarrow R = \frac{GM}{v^2} = 8369 \text{ км.}$$

Экваториальный радиус Земли 6378 км. Следовательно, высота орбиты над поверхностью Земли, $h = 8369 - 6378 = 1991 \text{ км}$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За правильное уравнение для радиуса орбиты - 4 балла. За правильную формулу для высоты орбиты – 2 балла. За ошибки только в вычислениях снять 2 балла.

ЗАДАНИЕ 5.

Условие.

Первые достоверные сведения о наблюдениях вспышки сверхновой звезды, для которой современным ученым удалось найти ее остаток, относятся к 837 году. Взрыв звезды, вызвавший наблюдаемую вспышку, произошел в 4084 году до н. э. Каково расстояние в парсеках до взорвавшейся звезды?

Решение.

Взрыв произошел раньше наблюдаемой вспышки на $4084 + 837 = 4921$ лет. За это время свет от звезды долетел до нас. Расстояние можно вычислить

$$r = \Delta t * c = 4921 * 3.15 * 10^7 * 3 * 10^5 = 4.65 * 10^{16} \text{ км} = 1.5 * 10^3 \text{ пк} = 1.5 \text{ кпк.}$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За правильно вычисленный год взрыва – 2 балла. За правильную формулу для расстояния – 2 балла.

ЗАДАНИЕ 6.

Условие.

У звезды Каптейна обнаружены две планеты. Планета b имеет большую полуось 0.17 а.е. и движется по орбите с периодом 48.6 дней. Планета c имеет большую полуось 0.31 а.е. Какой у нее орбитальный период?

Решение.

Движение планет в любой планетной системе подчиняется 3 закону Кеплера:

$$\frac{a^3}{P^2} = \text{const}$$

Значит для планет у звезды BD-08 2823

$$\frac{a_b^3}{P_b^2} = \frac{a_c^3}{P_c^2}$$

Отсюда
$$P_c = P_b \left(\frac{a_c}{a_b} \right)^{3/2} = 48.6 \left(\frac{0.31}{0.17} \right)^{3/2} \approx 120 \text{ дней}$$

Критерии оценивания.

За полностью правильное решение - 8 баллов. За ошибку только в вычислениях снять 2 балла. За правильную формулу 3 закона Кеплера – 2 балла. За правильную формулу для орбитального периода – 2 балла.