

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ
ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
2019/2020 УЧЕБНЫЙ ГОД**

10-11 КЛАССЫ (РЕШЕНИЯ)

1. (8 баллов) Как называется программа поиска внеземных цивилизаций? В каком году и почему именно в сторону этого объекта был отправлен первый сигнал с помощью самого большого радиотелескопа того времени? Через какое минимальное время земляне могут получить ответ? Параллакс объекта 0,00126 угловых секунд.

Решение. Проект SETI. В 1974 году в сторону шарового звёздного скопления M13. В таких скоплениях имеется большое количество старых звезд, а, значит, велика вероятность существования технически развитых цивилизаций, способных принять сигнал и отреагировать на него. Расстояние до скопления 26000 св. лет. Получить ответ возможно примерно через 52000 лет.

2. (8 баллов) 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 – звездная величина, которую имела бы звезда находясь на стандартном

расстоянии - 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:

$$\lg L = 0,4 (5 - M);$$

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

$$L = 58.$$

Таким образом, звезда ярче Солнца в 58 раз.

3. (8 баллов) Средняя концентрация звёзд в центре Галактики в 30 миллионов раз больше, чем в окрестности Солнца. Оцените среднее расстояние между звёздами в центре Галактики, если средний параллакс ближайших к Солнцу звёзд равен 0.3 угловых секунды.

Решение. Так как концентрация звезд — это $n = N/V$, где N — число звёзд в некотором объёме V , то средний объём пространства, приходящийся на одну звезду, равен $v = V/N = 1/n$.

Таким образом, объём, приходящийся на одну звезду в центре Галактики в $30 \cdot 10^6$ раз меньше, чем в окрестности Солнца. Тогда среднее расстояние между звездами равно $r = \sqrt[3]{v} \approx 10^3$. Следовательно, оно в центре Галактики примерно в $3 \cdot 10^3$ раз меньше, чем в окрестности Солнца. Среднее расстояние между звёздами в окрестности Солнца равно $1/\pi = 1/0.3 \approx 3$ пк. Тогда среднее расстояние между звездами в центре Галактики равно 10^{-3} пк.

4. (8 баллов) Космический корабль движется по той же круговой орбите, что и Земля, причём настолько далеко от Земли, что её влиянием можно пренебречь. Корабль изменяет скорость на ΔV в направлении своего движения до величины, достаточной для достижения орбиты Венеры по касательной. Определите время перелёта и величину ΔV . Орбиту Венеры считать круговой.

Решение. Большая полуось орбиты космического корабля (КК) $a = \frac{a_3 + a_B}{2}$

равна полусумме больших полуосей орбит Земли a_3 и Венеры a_B . Начальную скорость КК необходимо уменьшить в точке, которая станет афелием его орбиты. Чтобы КК достиг орбиты Венеры его скорость в афелии V_Q должна

стать равной $V_Q = \sqrt{GM \left(\frac{2}{Q} - \frac{1}{a} \right)} = \sqrt{GM \frac{a_B}{a_3 a}} = V_3 \sqrt{\frac{a_B}{a}}$, где G , M , Q , V_3 —

соответственно гравитационная постоянная, масса Солнца, афелийное расстояние КК и круговая орбитальная скорость Земли. Скорость КК должна быть уменьшена в афелии на величину $\Delta V = V_3 - V_Q \approx 2,5$ км/с. Время перелета КК к Венере равно половине периода его обращения вокруг Солнца

по эллиптической орбите $t = \frac{T}{2} \approx 146$ средних солнечных суток.

5. (8 баллов) Звезда имеет голубой цвет и звездную величину - $1,4^m$. Расстояние от Земли до звезды порядка 9 св. лет. Оцените диаметр звезды (в диаметрах Солнца) и температуру её поверхности. Температуру поверхности Солнца считать равной 6000 К, а видимую звёздную величину Солнца принять равной - $26,8^m$.

Решение. Диаметр звезды D , её светимость L и температуру поверхности T связывает закон Стефана - Больцмана:

$$L = \sigma T^4 \pi D^2,$$

откуда $D/D_\odot = (L/L_\odot)^{1/2} (T_\odot/T)^2$.

Температуру T поверхности звезды найдём из закона Вина:

$$T (K) = 3 \cdot 10^{-3} / \lambda \text{ (м)}.$$

Отношение светимостей L/L_{\odot} можно выразить через отношение освещённостей E/E_{\odot} на Земле от Солнца и звезды: $L/L_{\odot} = (E/E_{\odot}) (r/r_{\odot})^2$, где r и r_{\odot} – соответственно расстояния от Земли до звезды и Солнца. Учитывая, что $E/E_{\odot} = 2,5^{m_{\odot}-m}$, и, производя последовательно вычисления, получим:

$$T = 10000\text{K}, P_{\odot}/P = 1.28 \cdot 10^{10}, L/L_{\odot} = 27,3, \text{ получим: } D/D_{\odot} = 1.9.$$

6. (8 баллов) Метеорит массой 100 кг падает в море со скоростью 50 км/с. Определить массу воды, обратившейся в пар. Температура воды 20°C . Теплоемкость воды $4,2 \times 10^3$ Дж/кг·К. Удельная теплота парообразования воды $2,3 \times 10^6$ Дж/кг.

Решение: В модельном приближении будем считать, что вся кинетическая энергия метеорита $U = \frac{mV^2}{2}$ будет потрачена на нагрев и испарение некоторой массы воды M ; $U = cM\Delta t + rM$ где r — удельная теплота парообразования воды, c — удельная теплоемкость, Δt — разность температуры кипения и начальной температуры.

$$\text{Следовательно, } M = \frac{mV^2}{2(c\Delta t + r)} \cong 46572 \text{ кг.}$$

Максимальное количество баллов – 48.