

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2020-2021 учебный год**

11 класс

Продолжительность олимпиады: 180 минут. Максимально возможное количество баллов: 48

Задание 1. Во сколько раз звезда Вега ярче Солнца (8 баллов)

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 наблюдали бы с расстояния данной звезды со стандартного расстояния 10 парсек.

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

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:

8 баллов	Получено решение с правильным ответом.
6-7 баллов	Идея решения верна, но допущены математические ошибки.
4-5 баллов	По усмотрению проверяющего, за разумные идеи
1-3 балла	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученное решение не полно
0 баллов	Решение неверное, или отсутствует

Задание 2. Солнечные затмения (8 баллов)

Ответ: Во время частного затмения Солнце наблюдается в виде яркого полумесяца. Промежутки между листьями являются небольшими отверстиями. Они, работая, как отверстия в камере обскуре дают на Земле множественные изображения серпов, которые легко принять за когти.

Критерии оценивания:

8 баллов	Получено решение с правильным ответом.
6-7 баллов	Идея решения верна, но допущены математические ошибки.
4-5 баллов	По усмотрению проверяющего, за разумные идеи
1-3 балла	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученное решение не полно
0 баллов	Решение неверное, или отсутствует

Задание 3. Диаметр звезды Арктур (8 баллов)

Решение:

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

Воспользуемся формулой

D_A - диаметр Арктура по отношению к Солнцу;

$L = 100$ - светимость Артура;

$T_A = 4500$ К - температура Арктура;

$T_C = 6000$ К - температура Солнца

Ответ: $D_A \approx 5,6$ диаметров Солнца

Критерии оценивания:

8 баллов	Получено решение с правильным ответом.
6-7 баллов	Идея решения верна, но допущены математические ошибки.
4-5 баллов	По усмотрению проверяющего, за разумные идеи
1-3 балла	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученное решение не полно
0 баллов	Решение неверное, или отсутствует

Задание 4. Наблюдение Луны**(8 баллов)**

Ответ: 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:

8 баллов	Получено решение с правильным ответом.
6-7 баллов	Идея решения верна, но допущены математические ошибки.
4-5 баллов	По усмотрению проверяющего, за разумные идеи
1-3 балла	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученное решение не полно
0 баллов	Решение неверное, или отсутствует

Задание 5. Звездолет будущего**(8 баллов)***Решение:*

$v_2 - ?$

$v_1 = 20 \text{ км/с} = 2 \cdot 10^4 \text{ м/с}$

$r = 1 \text{ пк} = 3 \cdot 10^{16} \text{ м}$

$A = 2 \text{ а.е.}$

$m_0 = 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

$T = 1 \text{ сут} = \frac{1}{365} \text{ года}$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

Найдём сумму масс спектрально-двойных звёзд по формуле $m_1 + m_2 = \frac{A}{T} * m_0 = 1,46 \cdot 10^{33} \text{ кг}$

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

$$v_2 = \sqrt{2G \frac{M}{r}} = 2547,966 \text{ м/с} = 2,5 \text{ км/ч}$$

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

Критерии оценивания:

8 баллов	Получено решение с правильным ответом.
6-7 баллов	Идея решения верна, но допущены математические ошибки.
4-5 баллов	По усмотрению проверяющего, за разумные идеи
1-3 балла	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученное решение не полно
0 баллов	Решение неверное, или отсутствует

Задача 6. Марс. Фантастический проект**(8 баллов)**

Решение. Атмосферное давление у поверхности Земли p составляет 10^5 Па и равно весу столба атмосферы площадью 1 м^2 . Все то же самое будет относиться и к Марсу, но нельзя забывать, что ускорение свободного падения g на Марсе другое. Масса этого столба с площадью основания 1 м^2 составит:

$$m_s = \frac{p}{g} = \frac{pR^2}{GM}$$

Здесь M и R – масса и радиус Марса. Данное выражение можно получить другим, более сложным способом. Концентрация атомов в атмосфере у поверхности Марса равна

$$n = \frac{p}{kT}$$

Здесь k – постоянная Больцмана, T – температура атмосферы. Число атомов в столбе атмосферы единичной площади есть произведение концентрации на высоту однородного столба атмосферы H :

$$n_s = nH = \frac{p}{kT} \cdot \frac{\mathcal{R}T}{\mu g} = \frac{N_A p}{\mu g} = \frac{p}{mg}.$$

Здесь N_A – постоянная Авогадро, μ и m – молярная и молекулярная масса газа. Учитывая, что $m_s = m \cdot n_s$, мы вновь приходим к первой формуле решения задачи.

Масса столба оказывается равной $2.7 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^2$. Обратим внимание, что высота атмосферы и толщина грунта существенно меньше радиуса планеты, ускорение свободного падения мы считаем постоянным. Массовая доля кислорода в молекуле Fe_2O_3 равна

$$\eta = \frac{3A_{\text{O}}}{2A_{\text{Fe}} + 3A_{\text{O}}} \approx 0.31.$$

Здесь A_{O} и A_{Fe} – атомные веса кислорода и железа. Чтобы наполнить столб атмосферы требуемым количеством кислорода, нужно переработать столб грунта Марса той же площади (так как обработке подвергается вся планета) глубиной h . Масса этого столба будет равна

$$m_{\text{GS}} = \frac{m_s}{\eta} = m_s \frac{2A_{\text{Fe}} + 3A_{\text{O}}}{3A_{\text{O}}}.$$

Масса столба получается равной $9 \cdot 10^4 \text{ кг/м}^2$. Теперь мы можем найти его глубину

$$h = m_{\text{GS}} / \rho = 25 \text{ м}.$$

Здесь ρ – плотность грунта, которую нужно перевести в нужные единицы (при выполнении решения в системе СИ – в кг/м^3).

Система оценивания. Существует несколько подходов к решению данного задания. Участники олимпиады могут вычислять требуемую массу кислорода как в расчете на единицу площади (1 м^2 или 1 см^2 в зависимости от используемой системы единиц), так и в расчете на всю поверхность Марса. Правильное определение массы атмосферы на единицу площади в виде формулы или числа оценивается в **3 балла**. Эффективным и самым простым методом выполнения этого этапа является представление давления как веса столба атмосферы единичной площади. Участники могут проводить выкладки через величину однородного столба атмосферы и даже пытаться вычислить температуру Марса. Это излишние шаги, но при условии правильности вычислений они оцениваются в полной мере.

Вычисление массы грунта на единичную площадь (или площадь поверхности Марса) оценивается в **2 балла**. Если при этом участник олимпиады не учитывает или неправильно учитывает количество атомов кислорода и железа в молекуле Fe_2O_3 , данные 2 балла не ставятся, но другие этапы решения оцениваются в полной мере. Наконец, определение глубины переработки грунта оценивается в **3 балла**.