

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2024-2025 учебный год
10-11 класс**

*Продолжительность олимпиады: 180 минут.
Максимально возможное количество баллов: 40*

Задача 1.

(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

Задача 2. 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 :

$$n_s = nH = \frac{p}{kT} \cdot \frac{RT}{\mu g} = \frac{N_A p}{\mu g} = \frac{p}{mg}$$

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

Задача 3. Вылет из Норильска

(8 баллов)

Решение: Земля вращается с запада на восток. Время определяется положением Солнца; поэтому чтобы самолет находился в одном и том же положении относительно Солнца он должен лететь против вращения Земли со скоростью равной линейной скорости точек Земли на широте трассы. Данная скорость определяется по формуле:

$$v = \frac{2\pi r}{T}; \quad r = R_3 \cos \varphi$$

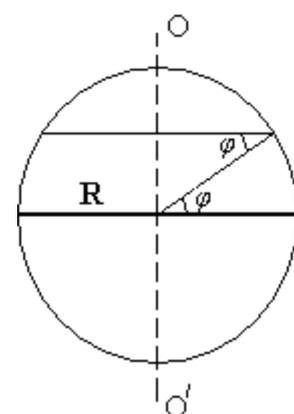
v – скорость самолета;

T – период вращения Земли, $T = 86400 \text{ с}$;

r – радиус вращения точек трассы на заданной широте;

R – радиус Земли, $R = 6,371 \cdot 10^6 \text{ м}$;

φ – широта, $\varphi = 54^\circ$.



$$v = \frac{2\pi R \cdot \cos \varphi}{T}$$

Ответ: $v = 272 \text{ м/с} = 980 \text{ км/ч}$, лететь на запад.

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 4.

(8 баллов)

Ответ: Верные утверждения № 2, 4, 7, 8.

Критерии оценивания:

За каждое верное утверждение **по 2 балла**, за каждое неверное - **минус 2 балла**. Суммарная оценка не может быть меньше 0. Максимум за задачу – **8 баллов**.

Задание 5. 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, $D = 8,1 \text{ пк}$;

m - звездная величина, $m = 0,14$

M - звездная величина, которую наблюдали бы с расстояния данной звезды со стандартного расстояния 10 парсек.

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

Абсолютная звездная величина связана со светимостью L формулой

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

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

$$L = 58$$

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

Масса столба оказывается равной $2.7 \cdot 10^4$ кг/м². Обратим внимание, что высота атмосферы и толщина грунта существенно меньше радиуса планеты, ускорение свободного падения мы считаем постоянным. Массовая доля кислорода в молекуле Fe₂O₃ 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

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

Масса столба получается равной $9 \cdot 10^4$ кг/м². Теперь мы можем найти его глубину $h = m_{\text{GS}}/\rho = 25$ м.

Здесь ρ – плотность грунта, которую нужно перевести в нужные единицы (при выполнении решения в системе СИ – в кг/м³).

Критерии оценивания:

Существует несколько подходов к решению данного задания. Участники олимпиады могут вычислять требуемую массу кислорода как в расчете на единицу площади (1 м² или 1 см² 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 Fe₂O₃, данные 2 балла не ставятся, но другие этапы решения оцениваются в полной мере. Наконец, определение глубины переработки грунта оценивается в **3 балла**.