

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

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

Задача 1. Самолет из Новокузнецка

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:

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

v - скорость самолета;

T - период вращения Земли, $T = 86400$ с;

r - радиус вращения точек трассы на заданной широте;

R - радиус Земли, $R = 6,371 \cdot 10^6$ м;

φ - широта, $\varphi = 54^\circ$.

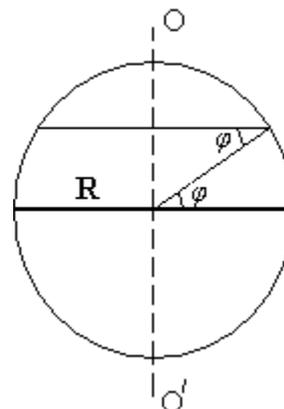
$$v = \frac{2\pi R \cdot \cos \varphi}{T}$$

Ответ: $v = 272$ м/с = 980 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

(8 баллов)



Задача 2. Диск Луны

(8 баллов)

Ответ: Если Луна видна из горизонта, то в принципе её можно видеть либо на западе, либо на востоке. Выпуклость вправо соответствует фазе I четверти, когда Луна отстаёт в суточном движении от Солнца на 90° . Если луна у горизонта на западе, то это соответствует полуночи, солнце в нижней кульминации, причём точно на западе это произойдёт в дни равноденствий, следовательно, ответ: смотрим на запад, приблизительно в полночь.

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 3. Астрономический посох

(8 баллов)

Ответ: Древний прибор для определения угловых расстояний на небесной сфере между светилами. Представляет собой линейку, на которой подвижно закреплена траверса, перпендикулярно этой линейки, на концах траверсы укреплены метки. В начале линейки есть визир, сквозь который смотрит наблюдатель. Перемещая траверсу и смотря через визир, он совмещает метки со светилами, между которыми определяют угловые расстояния. На линейке нанесена шкала по которой можно в градусах определить угол между светилами.

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. 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

Задача 5. Школьный телескоп

(8 баллов)

$$\Delta\varphi = 1,21 \frac{\lambda}{D};$$

Решение: Телескоп с диаметром $D = 0,1$ м имеет согласно формуле Рэлея угловое разрешение $\lambda \approx 500$ нм (зеленый) - длина волны света (берется длина волны к которой наиболее чувствителен человеческий глаз)

$$\Delta\varphi = 6,1 \cdot 10^{-6}$$

$$\Delta\varphi_x = \frac{\lambda}{R};$$

Угловой размер космического аппарата

l - размер аппарата, $l = 2$ м;

R - расстояние от Земли до Луны, $R = 384$ тыс.км

$\Delta\varphi_x = 5,2 \cdot 10^{-9}$, что меньше разрешения телескопа.

Ответ: нет

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 гна 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. Учитывая, что $m_s = m \cdot n_s$, мы вновь приходим к первой формуле решения задачи.

Масса столба оказывается равной $2.7 \cdot 10^4$ 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

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

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**.