

Ключи ответов

Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.
В исключительных случаях допускаются оценки, кратные 0,5 балла.

Проверка работ осуществляется Жюри олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8-9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
6-7	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические)
4-5	Найдено решение одного из двух возможных случаев
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение
0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
0	Решение неверное, или отсутствует

Задача 1

Вес слитка золота и серебра в воздухе равен 240 Н, а в воде — 220 Н.
Определите содержание (массу) золота и серебра в слитке. Выталкивающей силой в воздухе пренебречь. Плотности серебра 10500 кг/м³, золота 19300 кг/м³, и воды 1000 кг/м³.

Решение:

Введем условные обозначения: величины с индексом 0 — в воздухе, а с индексом 1 — в воде; нумерация тел: 2 — вода, 3 — золото, 4 — серебро.
На основании равновесия слитка в воздухе

$$m_3g + m_4g = P_0.$$

В воде с учетом силы Архимеда

$$m_3g + m_4g - \rho_2 (V_3 + V_4) g = P_1.$$

Объемы золота и серебра выразим через массы и плотности:

$$V_3 = \frac{m_3}{\rho_3}; \quad V_4 = \frac{m_4}{\rho_4}.$$

Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} m_3g + m_4g = P_0 \\ m_3g + m_4g - \rho_2 \left(\frac{m_3}{\rho_3} + \frac{m_4}{\rho_4} \right) g = P_1. \end{cases}$$

Используя метод исключения неизвестных, находим m_3 и m_4 :

$$m_3 = \rho_3 \frac{P_0\rho_2 - \rho_4(P_0 - P_1)}{g\rho_2(\rho_3 - \rho_4)}; \quad m_4 = \rho_4 \frac{(P_0 - P_1)\rho_3 - P_0\rho_2}{g\rho_2(\rho_3 - \rho_4)}.$$

$$m_3 = 6.58 \text{ кг} \quad m_4 = 17.42 \text{ кг}$$

Задача 2.

В кастрюле с водой плавает лед. Как изменится уровень воды в кастрюле, когда лед растает?

Решение:

Определим объем подводной части льда, используя условие равновесия и закон Архимеда:

$$\rho_0 V_1 g - mg = 0; \quad V_1 = \frac{m}{\rho_0},$$

где ρ_0 — плотность воды; m — масса льда.

После того как весь лед растает и превратится в воду, она займет объем

$$V_0 = \frac{m}{\rho_0}.$$

Замечаем, что $V_1 = V_0$, т. е. уровень воды не изменится.

Ответ: уровень воды не изменится.

Задача 3.

Автомобиль при средней мощности двигателя 1.6 МВт прошел путь 360 км за время 5 ч. КПД двигателя 30%. Определите расход горючего на 1 км пути, если его удельная теплота сгорания равна 46 МДж/кг.

Решение:

Количество теплоты, выделившееся при сгорании топлива, $Q = qm$.

Обозначим через m_0 массу топлива, необходимую на 1 м пробега (обратите внимание: метр, а не километр).

Тогда $m = m_0 s$; $Q = qm_0 s$.

Потребитель: двигатель.

Энергия, произведенная двигателем, $W = Nt$.

Баланс $\eta Q = W$; $\eta q m_0 s = Nt$;

$$m_0 = \frac{Nt}{\eta q s}; \quad [m_0] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{Дж} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}};$$

$$m_0 = 0.58 \cdot 10^{-2} \text{ кг}, \text{ тогда на } 1 \text{ км } m_1 = 10^3 m_0 = 0.58 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 = 5,8 \text{ кг}$$

Задача 4

Два жука бегут по прямой дорожке с постоянными одинаковыми скоростями. В начальный момент времени $t_0 = 0$ с расстояние между ними было равно $s_0 = 20$ м.

В момент времени $t_1 = 10$ с расстояние между ними стало равным $s_1 = 5$ м. Какое расстояние s_2 между ними будет в момент времени $t_2 = 20$ с?

Решение:

За первые $t_1 - t_0 = 10c$ расстояние между жуками уменьшилось с $s_0 = 20m$ до $s_1 = 5m$, поэтому изначально они бежали навстречу друг другу и возможны два варианта:

1. К моменту t_1 они успели встретиться и теперь бегут в разные стороны. Тогда их относительная скорость равна $V = \frac{s_0 + s_1}{t_1 - t_0} = \frac{25m}{10c} = 2,5m/c$. Еще через $t_2 - t_1 = 10c$

расстояние между ними возрастет на $V(t_2 - t_1) = 25m$, поэтому

$$s_2 = s_1 + V(t_2 - t_1) = 5m + 25m = 30m$$

2. К моменту t_1 они не успели встретиться и продолжают бежать навстречу друг другу. В таком случае их относительная скорость равна $V = \frac{s_0 - s_1}{t_1 - t_0} = \frac{15m}{10c} = 1,5m/c$.

Еще через $t_2 - t_1 = 10c$, они переместятся друг относительно друга на расстояние $V(t_2 - t_1) = 15m$, что больше, чем $s_1 = 5m$. Таким образом, к моменту $t_2 = 20c$ они уже встретятся и расстояние между ними будет равным

$$s_2 = V(t_2 - t_1) - s_1 = 15m - 5m = 10m$$

Ответ: расстояние между жуками будет равно 30 м или 10 м.