

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО
ФИЗИКЕ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
8 КЛАСС**

Возможные решения и критерии оценивания

Задача 1. Керосин (10 баллов)

В цилиндрический калориметр с керосином опустили медный кубик, имеющий температуру $t_m = -20^\circ\text{C}$, из-за чего уровень керосина в калориметре поднялся на $\alpha = 6\%$, а его температура упала на 12°C . Определите начальную температуру керосина t_k . Удельные теплоемкости меди и керосина равны $c_m = 400$ и $c_k = 2000$ Дж/(кг·°C), плотности меди и керосина равны $\rho_m = 9$ г/см³ и $\rho_k = 0.8$ г/см³, температура замерзания керосина равна -47°C .

Возможное решение

Решить задачу поможет уравнение теплового баланса: сумма количества теплоты, полученного медным кубиком от остывающего керосина, и количества теплоты, отданного керосином кубику, равна нулю:

$$Q_m + Q_k = 0,$$

$$c_m m_m (t - t_m) + c_k m_k (t - t_k) = 0.$$

Во втором уравнении t – температура керосина и меди в состоянии теплового равновесия. Массы тел можно вычислить по формулам $m_m = \rho_m V_m$ и $m_k = \rho_k V_k$, здесь объемы тел связаны соотношением $\alpha = V_m / V_k$. Подставим выражения для масс и объемов в уравнение теплового баланса и получим, что $c_m \rho_m \alpha V_k (t - t_m) + c_k \rho_k V_k (t - t_k) = 0$.

Выразим из этого уравнения t , принимая во внимание, что $t - t_k = -12^\circ\text{C}$:

$$t = t_m - \frac{c_k \rho_k (t - t_k)}{\alpha c_m \rho_m}.$$

Окончательно имеем, что $t_k = t_m - \frac{c_k \rho_k (t - t_k)}{\alpha c_m \rho_m} + 12^\circ\text{C}$. После подстановки получаем $t_k = 81^\circ\text{C}$.

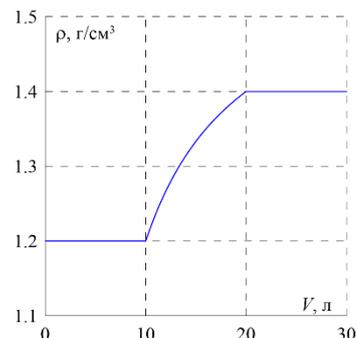
Критерии оценивания решения:

1. Правильно записано уравнение теплового баланса в терминах массы, удельной теплоемкости и температуры 2 балла
2. Найдена связь между объемами жидкости и кубика 2 балла

3. Записано уравнение теплового баланса в терминах плотности, 2 балла объема и температуры
4. Получено выражение или значение для установившейся 2 балла температуры в калориметре
5. Приведено правильное значение начальной температуры 2 балла керосина

Задача 2. Заготовки на зиму (10 баллов)

При производстве варенья в большом баке смешивают три ягодных сиропа. Сначала наливают первый сироп плотностью ρ_1 , затем к нему добавляют второй с плотностью ρ_2 , а затем и третий с плотностью ρ_3 . На графике приведена зависимость средней плотности находящегося в баке сиропа от его объема. Найдите плотности и массы всех сиропов.



Возможное решение

Из графика сразу можно определить плотность и массу первого сиропа: $\rho_1 = 1.2 \text{ г/см}^3 = 1200 \text{ кг/м}^3$, $m_1 = \rho_1 V_1 = 1200 \cdot 0.01 = 12 \text{ кг}$. Плотность второго сиропа можно найти, воспользовавшись определением средней плотности:

$$\rho_{1,2} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

Выразим из этой формулы неизвестную плотность ρ_2 :

$$\rho_2 = \frac{\rho_{1,2}(V_1 + V_2) - \rho_1 V_1}{V_2}.$$

После подстановки получаем, что $\rho_2 = 1.6 \text{ г/см}^3$. Тогда масса второго сиропа равна $m_2 = \rho_2 V_2 = 1600 \cdot 0.01 = 16 \text{ кг}$.

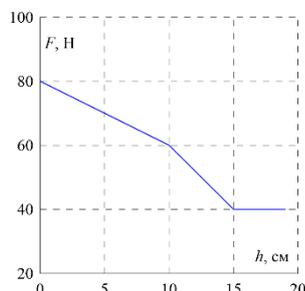
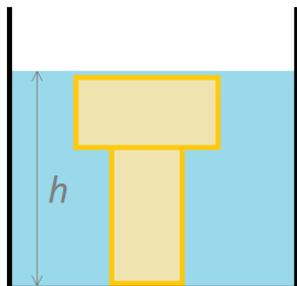
Когда третий сироп добавляют в варенье, его средняя плотность не изменяется. Это возможно, если плотность варенья из первых двух сиропов равна плотности третьего сиропа, то есть $\rho_3 = 1.4 \text{ г/см}^3$. Масса третьего сиропа равна $m_3 = \rho_3 V_3 = 14 \text{ кг}$.

Критерии оценивания решения:

- | | |
|------------------------------------|---------|
| 1. Определена плотность ρ_1 | 1 балл |
| 2. Вычислена масса первого сиропа | 1 балл |
| 3. Найдена плотность ρ_2 | 3 балла |
| 4. Вычислена масса второго сиропа | 1 балл |
| 5. Определена плотность ρ_3 | 3 балла |
| 6. Вычислена масса третьего сиропа | 1 балл |

Задача 3. Тестирование кирпичей (10 баллов)

Два одинаковых шероховатых кирпича положили на дно аквариума. После этого в аквариум стали наливать воду. Зависимость силы F давления кирпичей на дно аквариума от высоты h слоя налитой воды изображена на графике. Определите длины a , b и c ребер кирпичей и плотность ρ_k материала, из которого они изготовлены. Плотность воды равна $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$.



Возможное решение

В начале эксперимента сила давления равна сумме сил тяжести, действующих на два кирпича: $80 = 2F_m = 2mg$, здесь массу можно вычислить как произведение плотности материала ρ_k , из которого изготовлен кирпич, и объема кирпича $V = abc$. Из графика можно определить длину кирпича $a = 10$ см и толщину кирпича $b = 5$ см. Тогда $80 = 2\rho_k gabc$. В этом уравнении присутствуют две неизвестные величины – ρ_k и c , поэтому нужно написать еще одно уравнение, содержащее эти величины. Например, можно написать, чему равна сила давления в случае, когда нижний кирпич полностью погружен в воду, а верхний кирпич сухой. В этом случае на нижний кирпич дополнительно действует сила Архимеда $F_A = \rho_v gabc$. Тогда $60 = 2\rho_k gabc - \rho_v gabc$. Теперь мы можем решить совместно два уравнения: $80 = 2\rho_k gabc$ и $60 = 2\rho_k gabc - \rho_v gabc$.

Выразим из первого уравнения объем кирпича, подставим во второе уравнение и получим, что $60 = 80 - \rho_v \frac{80}{2\rho_k}$. Отсюда получаем, что $\rho_k = 2000 \text{ кг/м}^3$.

Теперь из первого уравнения легко получить значение ширины кирпича

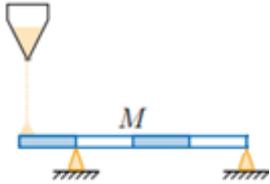
$$c = \frac{80}{2\rho_k gab} = 0.4 \text{ м} = 40 \text{ см}.$$

Критерии оценивания решения:

- | | |
|--|---------|
| 1. Определена длина кирпича | 1 балл |
| 2. Определена толщина кирпича | 1 балл |
| 3. Написаны два уравнения для расчета силы давления в терминах плотностей кирпичей и воды и длин ребер кирпичей (по 2 балла для каждого уравнения) | 4 балла |
| 4. Вычислена плотность материала, из которого изготовлены кирпичи | 2 балла |
| 5. Вычислена ширина кирпича | 2 балла |

Задача 4. Точка опоры (10 баллов)

После открывания заслонки бункера из него на выступающий край однородной доски, лежащей на двух опорах, начинает сыпаться песок с постоянным массовым расходом $\mu = 0,2$ кг/с, как показано на рисунке. Через какое время после открывания заслонки доска опрокинется? Масса доски $m = 10$ кг. Расстояние между опорами равно $3/4$ длины доски. Считайте, что песок падает с небольшой высоты на край доски и остается на ней неподвижным.



Возможное решение

На доску действуют 4 силы: сила тяжести, две силы реакции со стороны опор и вес песка. Так как доска перед опрокидыванием находится в равновесии, то сумма моментов этих сил равна нулю. Кроме того, перед опрокидыванием доски ее правый край приподнимается над опорой и соответствующая сила реакции прекращает действовать. Напишем, чему равны моменты оставшихся сил относительно левой опоры:

$M_m = mg \frac{1}{4}l$ (l – длина доски), сила тяжести приложена к середине доски и стремится повернуть доску по часовой стрелке;

$M_{\text{реакции}} = N \cdot 0 = 0$, плечо силы реакции равно нулю, так как точка приложения этой силы и точка, относительно которой мы записываем моменты, совпадают;

$M_{\text{песок}} = m_{\text{песок}} g \frac{1}{4}l$, плечо этой силы стремится повернуть доску против часовой стрелки.

Тогда условие равновесия можно записать в следующем виде:

$$M_m - M_{\text{песок}} = 0$$

или

$$mg \frac{1}{4}l - m_{\text{песок}} g \frac{1}{4}l = 0.$$

После преобразований получим, что $m_{\text{песок}} = m$. Массу песка можно найти с помощью условия $m_{\text{песок}} = \mu t$. Окончательно имеем $t = \frac{m}{\mu} = \frac{10}{0,2} = 50$ с.

Критерии оценивания решения:

1. Сформулирована идея о необходимости использования условия равновесия в терминах моментов сил 1 балл
2. Правильно определены все силы, действующие на доску 1 балл
3. Приведены выражения для моментов всех сил относительно выбранной точки вращения (по 1 баллу для каждой силы) 4 балла

4. Написано условие равновесия в терминах массы доски и песка и длины доски 2 балла
5. Приведена формула для расчета массы песка 1 балл
6. Вычислено время до нарушения равновесия доски 1 балл