



Ответы и авторские решения

1. Не очень сухие дрова (6 баллов), Ромашка М. Ю.

Высшая теплота сгорания q_1 отличается от низшей q_0 , потому что в одном килограмме сырых дров масса топлива составляет не 100 %, а $(100 \% - \eta)$ от полной массы. Следовательно, высшая теплота сгорания равна

$$q_1 = q_0 \cdot \frac{100 \% - \eta}{100 \%} = 0,7q_0 = 10,5 \text{ МДж/кг}$$

Вычитая из q_1 теплоту, необходимую для нагревания и испарения $\frac{\eta}{100}$ килограмм воды, получим низшую теплоту сгорания

$$q_2 = q_1 - \frac{\eta}{100 \%} (c(100^\circ \text{C} - t_0) + L) = 9,7 \text{ МДж/кг.}$$

Ответ: высшая теплота сгорания равна $q_1 = 10,5 \text{ МДж/кг}$; низшая теплота сгорания равна $q_2 = 9,7 \text{ МДж/кг}$.

Распределение баллов

- Верно найдено числовое значение высшей теплоты сгорания $q_1 = 10,5 \text{ МДж/кг}$ — **2 балла**.
Если формулы записаны правильные, но неверно вычислено значение — **1 балл**.
- Найдено числовое значение низшей теплоты сгорания q_2 , попадающее в диапазон $q_2 = (9,7 \pm \pm 0,5) \text{ МДж/кг}$, — **4 балла**.
Если записана верная формула для низшей теплоты $q_2 = q_1 - \frac{\eta}{100 \%} (c \cdot (100^\circ \text{C} - t_0) + L)$, но числовой ответ неверный — **2 балла**.

2. Не очень точные весы (8 баллов) Бычков А. И., Крюков П. А.

Внимательно изучив таблицу, можно обратить внимание на то, что разность показаний третьих весов в соседних столбцах равна $\Delta m_1 = 100 \pm 1$ г. Разность показаний третьих весов в столбцах через один равна $\Delta m_2 = 200 \pm 1$ г, разность показаний через два столбца $\Delta m_3 = 300 \pm 1$ г и т.д. Таким образом, если бы мы вычисляли массу одного груза из набора одинаковых грузов, данных в задаче, то получили бы значение $M = 100 \pm 1$ г. Если же мы попытаемся вычислить эту массу по показаниям первых двух весов, то получим значение массы с большей погрешностью. Из этих рассуждений следует вывод, что третьи весы измеряют массу наиболее точно, просто у них «сдвинут» ноль. Очевидно, ноль «сдвинут» примерно на 7 г. Поэтому для наиболее точного измерения массы необходимо вычитать из показаний третьих весов 7 г.

Первые и вторые весы во всём диапазоне от 100 г до 400 г измеряют массу с большей погрешностью, что легко увидеть, если рассмотреть для них разности измеренных значений подобно тому, как это было сделано в рассуждении приведённом выше.

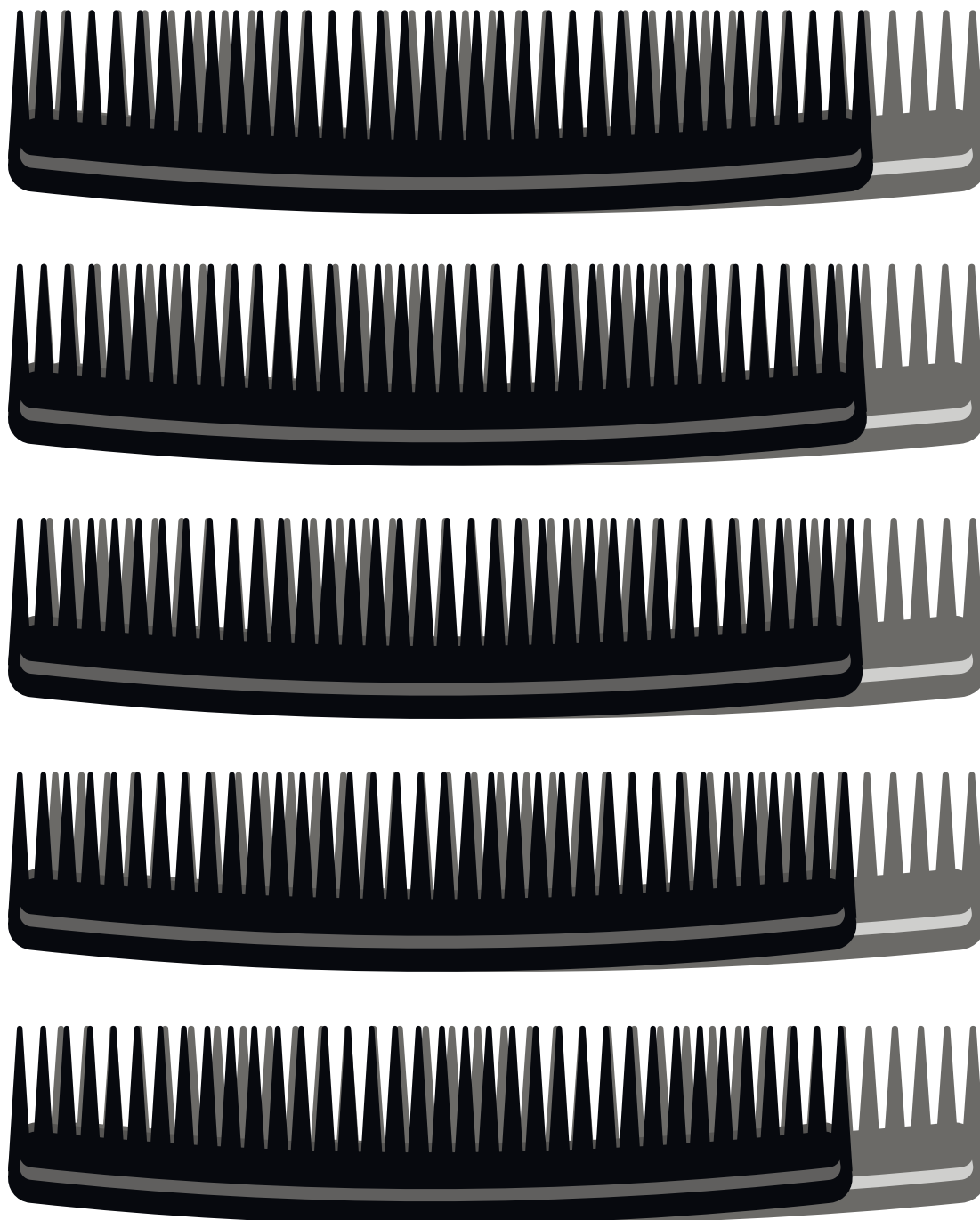
Ответ: Наиболее точно можно находить массы, используя весы №3. Вычитая из показаний весов 7 г, получаем массу с погрешностью 1 г. Другие весы дают большую погрешность.

Распределение баллов

1. Указано, что наиболее точно можно находить массу, используя показания третьих весов, но не дано никаких объяснений — **2 балла**.
2. Указано, что наиболее точно можно находить массу, используя показания третьих весов, и дано непротиворечивое объяснение этого факта, однако, эффект «сдвига» нуля на этих весах не учтён — **4 балла**.
3. Правильно указаны третьи весы, как наиболее подходящие для точного измерения массы, показано, что у них «сбит» ноль на 7 г, что они дают погрешность измерения 1 г — **8 баллов**. Если о погрешности ничего не сказано — **7 баллов**.

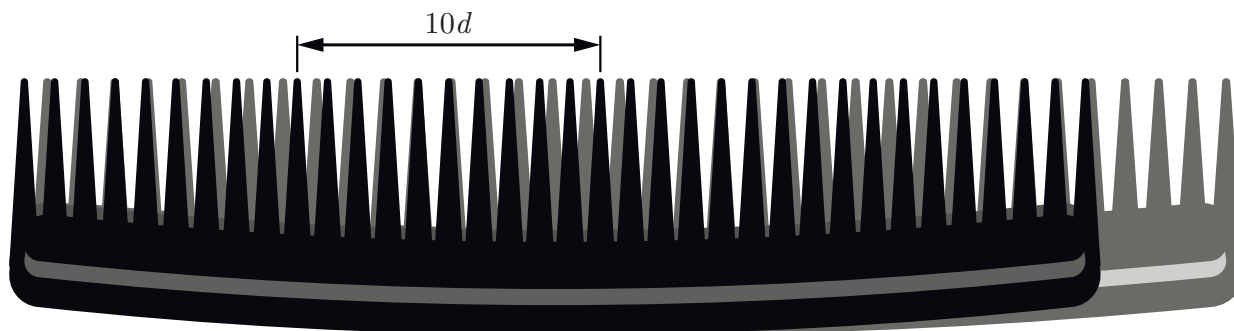
3. Муар (8 баллов), Бычков А. И.

Посмотрите на рисунки ниже. На каждом следующем чёрная расчёска смещается на небольшое расстояние относительно предыдущего. На последнем рисунке чёрная расчёска смещается относительно положения на первом рисунке на расстояние равное ширине одного зуба верхней расчёски. Рисунки выровнены по правому краю.



Рисунки приведены для наглядности, чтобы картина «движения» муарового узора стала более ясной. Мы видим, что это похоже на волновое движение, отсюда следует решение. Сдвинем одну чёрную расчёску влево на расстояние, равное расстоянию между зубьями чёрной расчёски, тогда узор будет таким же, как до сдвига, а вершины тёмных треугольников муаровой картины сместятся на расстояние «длины волны», иначе говоря на расстояние, равное расстоянию между вершинами чёрных треугольников. Отсюда следует, что скорость движения чёрных треуголь-

ников относится к скорости чёрной расчёски также, как расстояние между вершинами чёрных треугольных областей к расстоянию между верхними точками соседних зубьев. Если d — расстояние между верхними точками соседних зубьев, то (как видно из рисунка ниже) расстояние между одинаковыми участками соседних тёмных областей равно $10d$, следовательно скорость этих областей равна 10 см/с.



Ответ: Скорость движения тёмных треугольных областей муарового узора равна 10 ± 1 см/с.

Распределение баллов

Высказано соображение, что при сдвиге верхней расчёски на расстояние кратное расстоянию d , муаровый узор будет таким же, как до сдвига, но дальнейшее решение не верно — **3 балла**.

Найден верный ответ для скорости, попадающий в диапазон (10 ± 1) см/с — **8 баллов**.

Если ответ ошибочный, но решение содержит промежуточные результаты, перечисленные ниже, то распределение баллов следующее (баллы за отдельные результаты суммируются).

1. Указано, что при сдвиге верхней расчёски на расстояние между верхними точками соседних зубьев d , темные треугольные области поменяются местами со своими «соседями» или сместятся на расстояние «длины волны» — **5 баллов**.
2. Расстояние между вершинами темных треугольных областей, определённое по рисунку, попадает в диапазон $(10 \pm 1)d$ — **2 балла**.

4. Улетающий лёд (10 баллов), Ромашка М. Ю.

Силу давления воды на дно кастрюли можно вычислить двумя способами. С одной стороны, она равна

$$F = Mg - T - p_0S, \quad (1)$$

где M — общая масса воды и льда в произвольный момент времени до отрыва льда от поверхности воды, T — сила натяжения нити, привязанной к шарик, p_0 — атмосферное давление, S — площадь дна кастрюли (площадь выступающей над водой части льда пренебрегаем). С другой стороны, сила давления воды на дно равна полному давлению, умноженному на площадь,

$$F = (\rho_1gh + p_0)S = \rho_1ghS + p_0S \quad (2)$$

Пока шарик не улетел (находится в равновесии) сила натяжения нити T не изменяется, поскольку сила Архимеда и сила тяжести, действующие на шарик, постоянны. Таким образом, из формулы (1) следует, что к моменту отрыва льдинки от поверхности воды полная сила давления воды на дно не изменяется, а из формулы (2) следует, что уровень воды также не изменяется и остаётся равным первоначальному. Масса капель, упавших в сосуд после того, как лёд оторвётся от поверхности воды пренебрежимо мала по условию, поэтому после того, как шарик и лёд улетят, уровень воды в кастрюле будет таким же, как в начальный момент. Ответ: Уровень воды в сосуде будет таким же, как в начальный момент времени.

Распределение баллов

При решении коротким способом.

1. Записана формула для давления на дно через силу и определение давления — **2 балла**.
2. Записана формула для давления на дно через высоту столба жидкости и формулу гидростатического давления — **2 балла**.
3. Учтено (в любом виде), что в момент отрыва шарика от поверхности воды сила давления на дно не меняется — **2 балла**.
4. Сделан вывод, что уровень воды не изменится — **2 балл**.

При решении длинным способом (порядок пунктов не имеет значения)

1. Записано в любом виде условие равновесия шарика до отрыва льда от поверхности воды, либо выражение или численное значение силы натяжения нити (т.е. подъёмной силы шарика), либо сделано утверждение, что сила натяжения нити не меняется и всё время равна начальному значению — **2 балла**.
2. Записано в любом виде условие равновесия куска льда в начальном состоянии (или, возможно, в любом промежуточном состоянии) — **2 балла**.
3. Присутствует связь объёма воды (или воды + погружённой части льда) и уровня воды в кастрюле — **2 балла**.
4. Найдена масса льда, улетевшего на шарике (или записана общая формула для этой массы), либо масса остальной части льда или объём образовавшейся при таянии воды — **2 балла**.
5. Получен правильный ответ с абсолютной погрешностью не более 1 см — **1 балл**.