



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ 2023/24 г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП  
**ФИЗИКА**  
8 класс

*Ключи ответов и критерии оценивания*

**Задача 1. «На эскалаторе» (10 баллов)**

Эскалатор метро движется со скоростью  $u$ . Пассажир заходит на эскалатор и начинает идти по его ступеням следующим образом: делает шаг на одну ступеньку вперёд и два шага по ступенькам назад. При этом он добирается до другого конца эскалатора за время  $t_1$ . Через какое время  $t_2$  пассажир доберется до конца эскалатора, если он пойдёт другим способом: два шага вперёд и один шаг назад? Скорость пассажира относительно эскалатора при движении вперёд и назад одинакова и равна  $v$ . Считайте, что размеры ступеньки много меньше длины эскалатора.

**Возможное решение.** Пусть один шаг занимает время  $\tau$ . Тогда при варианте движения «один шаг вперёд и два шага назад» за время  $3\tau$  пассажир смещается относительно земли на расстояние  $S_1 = 3\tau u - v\tau$ . Средняя скорость движения пассажира в этом случае:

$$v_{\text{ср1}} = \frac{S_1}{3\tau} = \frac{L}{t_1}, \quad (1)$$

где  $L$  – длина эскалатора. Отсюда

$$L = \frac{S_1 t_1}{3\tau} = \frac{(3u - v)t_1}{3} \quad (2)$$

Из этой формулы видно, что при  $v \geq 3u$  пассажир не сможет достичь противоположного конца эскалатора. При варианте движения «два шага вперёд и один шаг назад» за время  $3\tau$  пассажир смещается относительно земли на  $S_2 = 3\tau u + v\tau$ . Аналогично предыдущему случаю,

$$v_{\text{ср2}} = \frac{S_2}{3\tau} = \frac{L}{t_2}.$$

С учётом выражения (2) для  $L$  получаем:

$$t_2 = \frac{3\tau L}{S_2} = \frac{3L}{3u + v} = \frac{(3u - v)t_1}{3u + v}.$$

**Критерии оценивания:**

- Найдено соотношение (1) – 3 балла
- Получено выражение для длины эскалатора (2) – 3 балла
- Получен верный ответ для  $t_2$  – 4 балла

**Задача 2. «Сообщающиеся сосуды» (10 баллов)**

В сосуде, показанном на рисунке, находится ртуть. Горизонтальные сечения трубок одинаковы. В левую трубку налили воду, высота столба которой  $h = 80$  мм, а в правую – масло, образовавшее столб некоторой высоты  $h_0$ . После этого в средней трубке уровень ртути поднялся на  $\Delta h = 5$  мм. Найдите высоту  $h_0$  столба масла, налитого в правую трубку. Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, масла –  $\rho_0 = 800$  кг/м<sup>3</sup>, ртути –  $\rho_1 = 13600$  кг/м<sup>3</sup>.

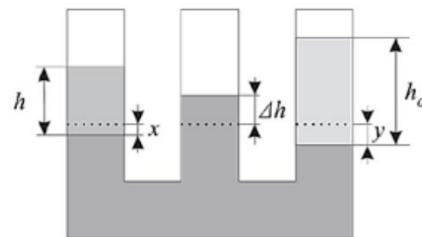


**Возможное решение.** Пусть после наливания воды и масла уровень ртути в левой трубке понизился на  $x$ , а в правой на  $y$  (см. рис.). Тогда можно записать следующие условия равновесия столбов жидкостей:

$$\rho_0 g h = \rho_1 g (\Delta h + x) \quad \text{и} \quad \rho_0 g h_0 = \rho_1 g (\Delta h + y).$$

Очевидно, что  $x + y = \Delta h$  (жидкости несжимаемые). Решая полученную систему уравнений, получаем:

$$h_0 = \frac{3\rho_1 \Delta h - \rho h}{\rho_0} = 155 \text{ мм.}$$



**Критерии оценивания:**

- Записано условие равновесие жидкостей в правом и среднем коленах – 3 балла
- Записано условие равновесие жидкостей в левом и среднем коленах – 3 балла
- Учтено, что  $x + y = \Delta h$  – 2 балла
- Правильный ответ – 2 балла

**Задача 3. «Горячий шарик» (10 баллов)**

В цилиндрический стакан налита вода до уровня  $h_0 = 10$  см при температуре  $t_0 = 0$  °С. В стакан бросают алюминиевый шарик, который достали из другого сосуда с водой, кипящей при температуре  $t_k = 100$  °С. При этом уровень воды повышается на  $x = 1$  см. Какой будет установившаяся температура в стакане? Удельные теплоёмкости воды и алюминия  $c_B = 4200$  Дж/(кг·°С) и  $c_A = 920$  Дж/(кг·°С), плотности воды и алюминия  $\rho_B = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_A = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.

**Возможное решение.** Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_B m_B (t - t_0) = c_A m_A (t_k - t),$$

где  $m_B$  – масса воды,  $m_A$  – масса алюминия.

Учтем, что  $m_B = \rho_B V_B = \rho_B S h_0$ , где  $S$  – площадь сечения цилиндрического стакана. После погружения алюминиевого шарика в воду алюминиевый шарик пошел на дно, т.к.  $\rho_A > \rho_B$ . Объем жидкости, вытесненный шариком, будет равен собственному объему шарика  $V_A = Sx$ , а

$$m_A = \rho_A V_A = \rho_A Sx.$$

Подставляя  $m_B$  и  $m_A$  в уравнение теплового баланса, получим:

$$c_B \rho_B S h_0 (t - t_0) = c_A \rho_A S x (t_k - t),$$

откуда найдем:

$$t = \frac{c_A \rho_A x t_k + c_B \rho_B h_0 t_0}{c_B \rho_B h_0 + c_A \rho_A x} = 5,6 \text{ °С.}$$

**Критерии оценивания:**

- Записано уравнение теплового баланса – 2 балла
- Выражение для массы воды – 2 балла
- Выражение для массы шарика – 3 балла
- Получен верный ответ – 3 балла

**Задача 4. «Взвешивание» (10 баллов)**

Груз неизвестной массы  $m$  взвешивают, уравновесивая его гирькой с известной массой  $M$  на концах тяжёлого прямого коромысла. Равновесие достигается, когда точка опоры коромысла смещается от его середины на  $x = 1/4$  его длины в сторону гирьки. В отсутствие же груза на втором плече коромысло остаётся в равновесии при смещении его точки опоры

от середины в сторону гирьки на  $y = 1/3$  его длины. Считая коромысло однородным по длине, найдите массу взвешиваемого груза  $m$ .

**Возможное решение.** Для решения задачи воспользуемся правилом рычага. При взвешивании груза неизвестной массы  $m$  на плечи коромысла длины  $L$  действуют силы  $mg$ ,  $Mg$  и  $m_k g$ , где  $m_k$  – масса коромысла. Плечи этих сил относительно оси, проходящей через точку опоры перпендикулярно плоскости рисунка, равны  $(0,5 + x)L$ ,  $(0,5 - x)L$  и  $xL$  соответственно.

Условие равновесия рычага имеет вид:

$$mg(0,5 + x)L + m_k g x L = Mg(0,5 - x)L,$$

откуда:

$$m = \frac{M(0,5 - x) - m_k x}{0,5 + x}. \quad (1)$$

Рассмотрим теперь второе взвешивание (без груза неизвестной массы), которое позволит нам найти массу коромысла. Плечи сил  $Mg$  и  $m_k g$  будут теперь равны  $(0,5 - y)L$  и  $yL$  соответственно. Тогда условие равновесия рычага даёт:

$$m_k g y L = Mg(0,5 - y)L,$$

откуда:

$$m_k = \frac{M(0,5 - y)}{y} = \frac{M(0,5 - y)}{y} = \frac{M}{2}.$$

Подставляя значение  $m_k$  в уравнение (1), найдем, что  $m = M/6$ .

#### Критерии оценивания:

- Правильно изображены силы, действующие на коромысло в 2-х случаях – 2 балла
- Записано правило рычага с грузом – 2 балла
- Записано правило рычага без груза – 2 балла
- Определена масса коромысла – 2 балла
- Получен правильный ответ для массы груза – 2 балла

